

Р.Ш. НАИМОВА

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

УЧЕБНИК



ТАШКЕНТ-2021

26.30
1120

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Р.Ш. НАИМОВА

**ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ
СПОСОБОМ**

УЧЕБНИК



Ташкент
“Excellent polygraphy”
2021

УДК: 622.06(075)

ББК: 26.34я7

Н 20

Наимова Р.Ш.

Технология разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом [Текст] учебник / Наимова Р.Ш. – Т.: “Excellent polygraphy”, 2021. – 276 с.

В учебнике рассмотрены сведения о технологии открытых горных работ. В учебнике рассмотрены элементы и параметры карьера, систем разработки горизонтальных и крутонаклонных залежей полезного ископаемого, определение параметров систем разработок для различного карьерного оборудования, вскрытие месторождений, приведены сведения комплексной механизации при проведении траншей.

Учебник написан в соответствии с типовой программой курса «Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых» и предназначена в качестве учебника для бакалавров и магистров специальности “Открытая разработка месторождений полезных ископаемых”.

Рецензенты:

Д.В. Рахимов – ГУК «УЗГЕОРАНГЛЕТМЕТЛИТИ» к.т.н., доц.;

*И.И. Иногамов – к.т.н., доцент кафедры “Маркшейдерского
делогеодезия картография”*

ISBN 978-9943-7822-2-8

**© Наимова Р.Ш., 2021
© «Excellent polygraphy”, 2021**

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Узбекистан особое внимание уделяется горнодобывающей промышленности, в частности разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. В этом направлении достигнуты значительные успехи, в частности, повышен объем добычи полезных ископаемых, уменьшена себестоимость готовой продукции, увеличен годовой объем производства и внедряются технологии по разработке месторождений полезных ископаемых. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи: «...сокращение энергоемкости и ресурсоемкости, широкое внедрение в производство энерго-сберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии, повышение производительности труда в отраслях экономики...»¹.

Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом – направление в области науки и техники, которое включает совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленных на комплексное освоение недр Земли с целью обеспечения общества минерально-сырьевыми ресурсами.

Дисциплина «Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом» является одной из основных дисциплин в составе горного дела. Извлечение полезных ископаемых их недр производится в сложных горно-геологических условиях. Это связано с увеличением глубины разработки, изменяющимися физико-

механическими свойствами горных пород и др., что требует от специалиста знаний новейших технологий, обеспечивающих максимальное извлечение полезных ископаемых из недр с одновременным решением экономических и экологических проблем горного производства.

Основная цель преподавания дисциплины – обучение студентов пониманию технологии, принципов и методов разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом. Изучение дисциплины должно способствовать успешному проведению преддипломной практики, выполнению практических работ с последующим закреплением знаний при курсовом и дипломном проектировании.

Методическим лейтмотивом учебника явилось стремление показать студенту значение каждого процесса в современной интерпретации развития открытых горных работ. При этом открытая разработка месторождений представляется как совокупность процессов единой технологической цепи, включающей изучение общих сведений об открытой разработке месторождений полезных ископаемых, системы разработки месторождений полезных ископаемых и вскрытия карьерных полей. В данном учебнике рассмотрены элементы и параметры карьера, систем разработки горизонтальных и крутонаклонных залежей полезного ископаемого, определение параметров систем разработок для различного карьерного оборудования, вскрытие месторождений, приведены сведения комплексной механизации при проведении траншей.

ГЛАВА 1 СУЩНОСТЬ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

1.1. Сущность технологии открытых горных работ

Экономическое развитие нашей страны неразрывно связано с дальнейшим развитием горнодобывающей отрасли. Наша Республика располагает большими запасами полезных ископаемых. В настоящее время действуют крупнейшие карьеры по добыче золота, серебра, меди и угля. Разработка месторождений открытым способом по сравнению с подземным обеспечивает значительно лучшие технико-экономические показатели. Вместе с тем она сопряжена с рядом негативных последствий: нарушением земель, изменением микроклимата и водного баланса и т.д.

Термин «Технология» в общем случае означает совокупность знаний о способах, средствах и организации выполнения каких-либо производственно-технических работ.

Технология разработки месторождений – это совокупность взаимосвязанных процессов, способов и приемов механизированного производства горных работ, основанная на фундаментальных знаниях закономерностей разработки и возможностей технических средств.

Технология открытого способа добычи полезных ископаемых включает два аспекта: технологию производственных процессов (выемку, перемещение и складирование горных пород) и технологию открытых горных работ (строительство и развитие по мере разработки месторождения во

времени и пространстве карьера как комплекса горных выработок).

Технология производственных процессов включает принципы, средства, комплексы механизации и схемы организации основных производственных процессов: подготовку горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование, перегрузку, складирование и разгрузку горной массы.

Технология открытых горных работ рассматривает параметры карьеров в их динамике, способы проходки горных выработок, схемы развития горных работ в карьере, способы вскрытия и системы разработки, способы и средства управления качеством продукции, организацию и планирование горных работ в карьере.

Горные работы, при которых все основные производственные процессы, обеспечивающие извлечение полезного ископаемого из недр Земли, совершаются в открытых горных выработках, носят название открытых горных работ. Горное предприятие, осуществляющее добычу полезного ископаемого открытыми горными работами, называется карьером. В практике открытой разработки угольных и россыпных месторождений вместо термина «карьер» применяются названия «разрез» и «прииск».

В процессе производства открытых горных работ естественная поверхность месторождения полезного ископаемого нарушается и в земной коре образуется выемка, ограниченная искусственно созданной поверхностью. Эта выемка, представляющая совокупность отдельных горных выработок, также носит название «карьер». Таким образом, понятие «карьер» может употребляться в двух значениях — хозяйственном и техническом. Образование в земной коре выемок значительных размеров (современные карьеры достигают глубины нескольких сотен метров) нарушает

естественное равновесие массива горных пород, окружающих карьер. Перераспределение внутренних напряжений в массиве в этом случае может привести к нежелательным деформациям боковой поверхности карьера (оползни и обрушения), что ведет к нарушению нормального ведения горных работ и может быть причиной аварий и несчастных случаев. Во избежание этого боковым поверхностям карьера придают определенный угол наклона, который обеспечивает их устойчивость. В связи с этим возникает необходимость выемки значительных объемов, покрывающих и вмещающих полезное ископаемое пород, которые называются вскрышными или вскрышей. Годовые объемы вскрыши, перемещаемой в современных карьерах, составляют десятки миллионов кубических метров и часто во много раз превышают объемы добываемого полезного ископаемого. Полезное ископаемое и вскрыша вывозятся из карьера на поверхность. В благоприятных условиях залегания полезного ископаемого вскрыша, отделенная от массива, может и не вывозиться из карьера, а размещаться в его выработанном пространстве.

Разработка массива горных пород (вскрыши и полезного ископаемого) в границах карьера производится горизонтальными или слабонаклонными слоями. Слои обычно отрабатываются параллельно с некоторым отставанием работ в пространстве и во времени на нижележащем слое. Таким образом, боковая поверхность карьера приобретает ступенчатую форму. Необходимость разделения разрабатываемого массива пород на слои определяется следующими факторами:

- ограниченными параметрами горных машин, осуществляющих выемку (разработку) пород;

- наличием в разрабатываемом массиве слоев, имеющих различные физико-механические и качественные характеристики;

- повышенной опасностью обрушения обнаженного массива пород значительной высоты.

Значительные размеры открытых горных выработок и выработанного пространства и отсутствие ограничений по высоте создают благоприятные условия для применения на открытых горных работах мощного горного и транспортного оборудования, обеспечивающего высокие технико-экономические показатели. Эффективное использование оборудования возможно только при четкой организации работы всех звеньев горного производства и наличии высококвалифицированных кадров.

Различают экскаваторный и гидравлический способы производства открытых горных работ. При экскаваторном способе применяется различное оборудование – экскаваторы, скреперы, бульдозеры, колесный и конвейерный транспорт. При гидравлическом способе основные производственные процессы осуществляются энергией движущейся воды. Для этой цели применяется специальное оборудование – гидромониторы, землесосы и др. Экскаваторный способ является универсальным. Он может эффективно применяться в любых условиях.

Слой горных пород в карьере, разрабатываемый самостоятельными средствами рыхления, выемки, погрузки и транспортирования, называется *уступом*. Каждый уступ характеризуется высотной отметкой горизонта расположения на нем транспортных коммуникаций. Отметки уступов могут быть абсолютные (относительно уровня моря) или условные (относительно условно выбранной высотной отметки).

Поверхности, ограничивающие уступ по высоте, называют нижней и верхней площадками уступа (рис.1), а расстояние между ними – высотой уступа.

Если на площадках уступа работает выемочно-погрузочное и транспортное оборудование, то их называют рабочими площадками уступа. Наклонная поверхность, ограничивающая

уступ со стороны выработанного пространства, называется откосом уступа, а угол его наклона к горизонтальной плоскости – углом откоса уступа (рис.2). Линии пересечения откоса уступа с его нижней и верхней площадками называются соответственно нижней и верхней бровками уступа.

Уступ, сложенный покрывающими или вмещающими породами, называется вскрышным уступом, а сложенных полезным ископаемым – добычным уступом.

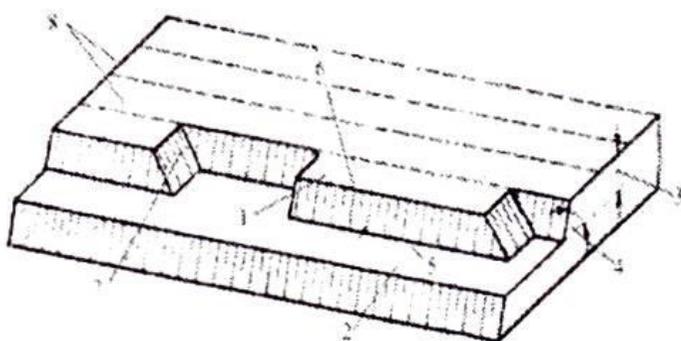


Рис. 1. Элементы уступа: 1 – верхняя площадка уступа; 2 – нижняя площадка уступа; 3 – высота уступа; 4 – угол откоса уступа; 5 – нижняя бровка уступа; 6 – верхняя бровка уступа; 7 – забой; 8 – заходка

По технологии ведения работ уступы могут разделяться на подуступы, разработка которых ведется одним и тем же или разным выемочным оборудованием последовательно или одновременно, но обязательно на единый для уступа транспортный путь.

Подготовленная для разработки часть уступа по длине называется фронтом работ уступа. Он может иметь в плане прямолинейную или криволинейную форму.

Часть поверхности откоса уступа, образуемая рабочим органом выемочной машины и перемещаемая по мере отделения

от массива или развала очередных порций горных пород, называется забоем, а угол наклона этой поверхности к горизонту – углом откоса забоя. Забой, в котором находится выемочная машина, называется рабочим забоем, а из которого такая машина временно выведена – временно нерабочим забоем.

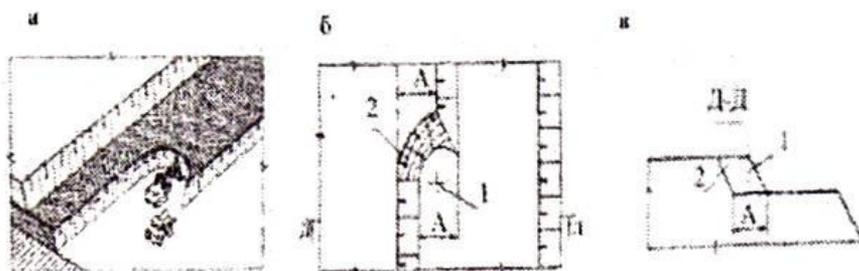


Рис. 2. Общий вид экскаваторного блока при разработке пород в изометрии: *а) в плане; б) разрезе (в); 1 – ось перемещения экскаватора; 2 – забой экскаватора; А – ширина заходки.*

Уступ обычно разрабатывается последовательными параллельными полосами – заходками шириной 10-20 м и более.

В породах, разрабатываемых без применения взрывного рыхления, ширина забоя экскаватора соответствует ширине заходки, а в породах, разрабатываемых с применением взрывного рыхления, ширина забоя экскаватора больше ширины заходки за счет развала пород при взрыве.

Ступенчатые боковые поверхности, образованные откосами и площадками уступов и ограничивающие выработанное пространство, называются бортами карьера (рис.3).

Линия, ограничивающая карьер на уровне земной поверхности, является верхним контуром карьера, а линия, ограничивающая дно (подошву карьера), – его нижним контуром.

Борт карьера, представленный рабочими уступами, называют рабочим бортом карьера, а нерабочими уступами – нерабочим бортом карьера.

Положения рабочего борта, верхнего и нижнего контуров карьера меняются в пространстве. Это объясняется тем, что постепенно отдельные уступы, начиная сверху, достигают конечных контуров (границ) карьера. Поэтому борт карьера может состоять из нерабочей и рабочей части. Причем нерабочая часть по мере понижения горных работ будет увеличиваться по всему периметру карьера и к моменту окончания (погашения) горных работ ей будет соответствовать конечная (граничная) глубина и конечные (граничные) размеры карьера в плане. Проектные границы карьера по поверхности называют технической границей карьеров.

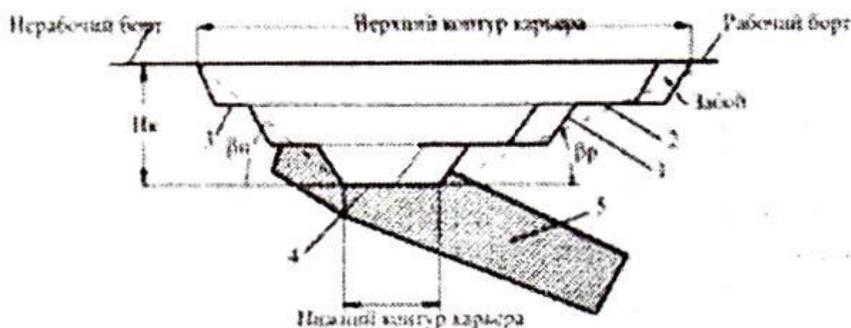


Рис. 3 Поперечный профиль и элементы карьера:

1 – уступ; 2 – рабочая площадка уступа; 3 – берма уступа; 4 – дно карьера; 5 – полезное ископаемое; β_p – угол откоса рабочего борта; β_n – угол откоса нерабочего борта карьера; L – нижний контур карьера

На нерабочих бортах карьера горные работы не производятся, а откосы уступов разделяют площадками (бермами).

Различают транспортные и предохранительные бермы и бермы очистки. Они формируются при подходе рабочих уступов к конечным контурам карьера за счет уменьшения ширины рабочих площадок.

На транспортных бермах расположены транспортные коммуникации, по которым осуществляется грузотранспортная связь рабочей зоны карьера с поверхностью. Ширина транспортных берм определяется размерами применяемых транспортных средств.

Предохранительные бермы шириной от 3-5 до 8-10 м служат для повышения устойчивости прибортового массива горных пород, а также для задержания осыпавшихся с верхних уступов кусков породы.

Бермы очистки представляют собой предохранительные бермы увеличенной ширины, что позволяет использовать оборудование (бульдозеры, небольшие экскаваторы, погрузчики, автосамосвалы) для их периодической очистки от осыпавшейся с откосов породы. Такие бермы оставляют через три-четыре уступа по высоте.

Угол между линией, соединяющей верхний и нижний контуры карьера, и горизонтом называется углом откоса рабочего (нерабочего) борта карьера. На практике угол откоса рабочего борта карьера β_r изменяется от 7-8 до 17 градусов (иногда до 23-27 градусов, а нерабочего борта β_n от 25 до 40-45 градусов (реже до 55-65 градусов).

Угол откоса нерабочего борта в значительной степени определяется устойчивостью разрабатываемых пород, от которых зависит также высота уступа на граничном контуре карьера, которая может быть в 2-3 раза больше высоты уступа в рабочей зоне. Угол откоса нерабочего борта определяется расчетом, конструктивно формируется из откосов уступов,

предохранительных и транспортных берм, а также берм очистки. Этот угол должен обеспечивать сохранность конструктивных элементов борта в течение всего срока существования карьера.

Технологическое назначение нерабочего борта заключается в обеспечении транспортной связи рабочей зоны карьера с поверхностью (по транспортным бермам) и поддержании выработанного пространства карьера в состоянии, гарантирующем безопасное развитие горных работ на проектную глубину.

Угол откоса рабочего борта в меньшей степени зависит от устойчивости разрабатываемых пород, а в большей степени от принятой технологии горных работ и средств их механизации, которыми определяются размеры рабочих площадок и заходов. Так, при использовании железнодорожного транспорта этот угол значительно меньше, чем при использовании автомобильного транспорта.

Технологическое назначение рабочего борта заключается в обеспечении заданных темпов ведения горных работ по принятой технологии и средств их механизации, а также транспортной связи рабочих забоев с поверхностью через транспортные бермы на нерабочих бортах.

Длина фронта горных работ карьера складывается из длины фронта горных работ всех рабочих уступов.

Для введения в работу нового уступа необходимо создать транспортный доступ к нему и первоначальный фронт работ с соответствующей рабочей площадкой. Эта процедура, которая называется вскрытием уступа или нарезкой горизонта, предусматривает проведение с поверхности или с вышележащего уступа вскрывающих горных выработок (рис. 4) для размещения транспортных коммуникаций. По ним горная масса нового уступа будет перемещаться на поверхность или на вышележащие уступы.

Эти выработки имеют определенный угол наклона, потому что соединяют верхнюю и нижнюю площадки уступа с разными высотными отметками. Вскрывающие выработки имеют поперечное сечение в виде трапеции (если проходятся в массиве при наличии открытого пространства только сверху) или треугольника (если проходятся в массиве при наличии открытого пространства сверху и сбоку). В первом случае такие выработки называют вскрывающими траншеями, а во втором – вскрывающими полутраншеями.

Для создания начального фронта работ на вскрытом уступе необходимо провести от вскрывающей выработки горизонтальную (реже с небольшим уклоном для стока воды) горную выработку – разрезную траншею (полутраншею) или котлован.

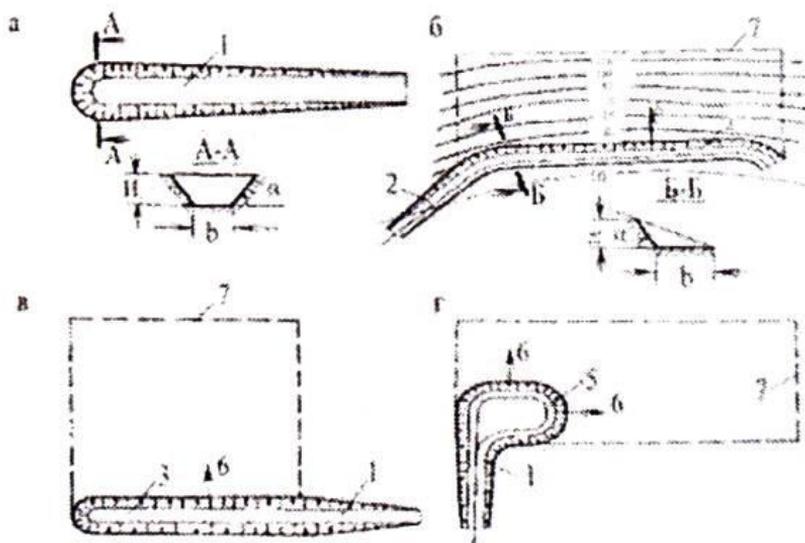


Рис. 4. Горно-подготовительные выработки:

1, 2 – капитальная траншея и полу траншея (а, б); 3, 4, 5 – разрезные траншеи, полу траншея, и котлован (б, в, г); б – направление развития горных работ (г); 7 – граница карьера (в, г)

Вскрывающие выработки отдельных уступов имеют транспортную связь с поверхностью через общие вскрывающие выработки, которые называются вскрывающими капитальными траншеями и полутраншеями. Такими капитальными выработками вскрываются отдельные части или месторождение в целом.

Три обязательных стадии горных работ, являющихся неотъемлемым комплексом добычи полезных ископаемых, при открытой разработке месторождений имеют одну особенность, которая заключается в том, что в подвижное состояние переводится не только полезное ископаемое, но также покрывающие и вмещающие породы в больших объемах. При этом доступ персонала и оборудования с помощью вскрывающих выработок обеспечивается сначала к этим породам и только после этого – к полезному ископаемому.

Проведение вскрывающих траншей при открытой разработке месторождений называют горно-подготовительными работами, удаление покрывающих и вмещающих пород – вскрывными работами, а извлечение полезного ископаемого – добычными работами. В зависимости от применяемого оборудования и физико-технических свойств пород перечисленные работы могут включать весь набор или только часть следующих технологических процессов: подготовка пород к выемке; выемка пород; погрузка пород в транспортные средства; доставка пород к месту складирования; складирование пород.

Откос уступа, находящийся в краткосрочной устойчивости, с течением времени обрушается и приобретает угол откоса, соответствующий долгосрочной устойчивости для данного типа пород и условий их залегания. Плотность, сцепление и коэффициент внутреннего трения являются основными физико-механическими характеристиками пород, определяющими

устойчивость откоса уступа. На допустимый угол откоса уступа оказывает также влияние высота уступа (табл. 1).

Таблица 1

Породы	Угол откоса (градусы) при высоте уступа, м			
	5-12		15-25	
	Рабочий уступ	Нерабочий уступ	Рабочий уступ	Нерабочий уступ
Жирная глина, легкий суглинок, гравий, лесс, растительный грунт, песок, супесь со щебнем	40-50	30-40	32-45	25-35
Тяжелая глина, тяжелый суглинок с примесью гальки и щебня, глина с валунами, сланцевая глина, крупная галька с булыжником, разрабатываемые без рыхления буровзрывным способом	45-65	40-55	45-60	40-50
То же, разрабатываемые с применением рыхления буровзрывным способом	55-65	40-55	50-60	40-50
Песчаники обычные, крепкий глинистый сланец, некрепкие известняки, плотный мергель, железные руды, мягкие конгломераты	65-75	60-65	60-70	55-60
Гранитные породы и граниты, весьма крепкие песчаники и известняки, рудные кварцевые жилы, колчеданы, крепкие мрамор и доломиты	75-80	70-75	75-80	70-75

Кварциты, базальты, граниты, кварцевые породы, самые крепкие песчаники и известняки	До 90	80-85	До 90	75-80
---	-------	-------	-------	-------

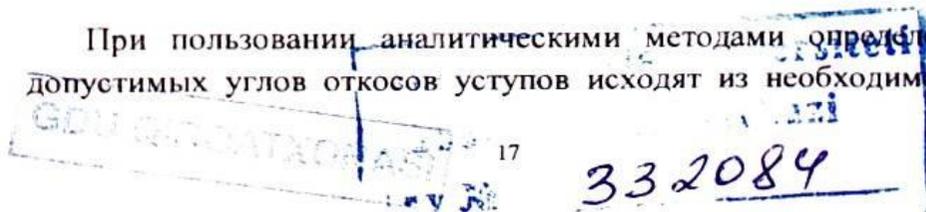
Большое значение для устойчивости откоса уступа имеет положение плоскостей напластования пород, слагающих уступ. Если плоскости напластования расположены под некоторым углом к горизонту, то для повышения устойчивости откоса уступа стремятся уступ обрабатывать так, чтобы плоскости напластования имели падение в противоположную сторону от откоса.

При разработке разрыхленных пород для обеспечения устойчивого положения откоса его угол не должен превышать угла естественного откоса. Это условие справедливо при разработке сухих пород. Наличие воды в породах уступа требует уменьшения угла откоса уступа на $10 - 20^\circ$ и более (табл.2).

Таблица 2

Породы	Угол естественного откоса (градусы) для пород		
	сухих	влажных	мокрых
Растительный слой	40	30-35	20
Песок крупный	32-35	32-40	20-27
Песок средний	28-32	32-35	20-25
Песок мелкий	25-30	30-35	12-20
Суглинок	40-50	35-40	20-30
Глина жирная	40-45	35	12-20
Гравий	35-40	35	15-20
Торф без корней	40	25	10-15

При пользовании аналитическими методами определения допустимых углов откосов уступов исходят из необходимости



обеспечения некоторого запаса их устойчивости, который характеризуется коэффициентом η запаса устойчивости. Под последним понимают отношение удерживающих и сдвигающих сил для верхней части уступа (призма обрушения), склонного к обрушению. Коэффициент запаса устойчивости принимается равным 1,1–1,2 и 1,5–2 соответственно при краткосрочной (рабочие уступы) и долгосрочной (нерабочие уступы) устойчивости.

Контрольные вопросы:

1. Что называется технологией разработки месторождений?
2. Что называется карьером?
3. Какими слоями производится разработка массива горных пород?

1.2. Типы разрабатываемых месторождений и залежей. Виды открытых горных разработок

Объектами открытой горной разработки являются месторождения полезных ископаемых. По отраслевому признаку различают открытую разработку угольных и рудных месторождений, месторождений строительных горных пород, цементного сырья, горно-химического сырья и др.

Разрабатываемые месторождения полезных ископаемых залегают в весьма разнообразных природных условиях.

Типы месторождений различаются прежде всего по характерным геометрическим признакам.

1. Залежи полезных ископаемых *по форме* могут быть:

изометрическими – развитыми более или менее одинаково во всех направлениях (массивные залежи, штоки, гнезда и т. п., рис. 5, в, з);

плитообразными – вытянутыми преимущественно в двух направлениях при относительно небольшой мощности (пласты и пластообразные залежи, рис. 5, а, б, г, ж);

трубообразными и столбообразными – вытянутыми преимущественно в одном направлении;

промежуточными и переходными между указанными формами (линзы, жилы, седловидные залежи, складки, перегибы, тектонически нарушенные свиты пластов) (рис. 5, д, е).

Форма залежей предопределяет форму карьерных полей.

2. *Рельеф поверхности месторождения* может быть равнинным, в виде склона возвышенности, в виде возвышенности, холмистым и, наконец, залежь может находиться под водой. От рельефа поверхности зависит порядок разработки и возможные средства механизации.

3. В зависимости от положения относительно господствующего уровня поверхности и глубины залегания различают месторождения:

Поверхностного типа – непосредственно выходящие на поверхность или расположенные под наносами небольшой мощности (до 20-30 м);

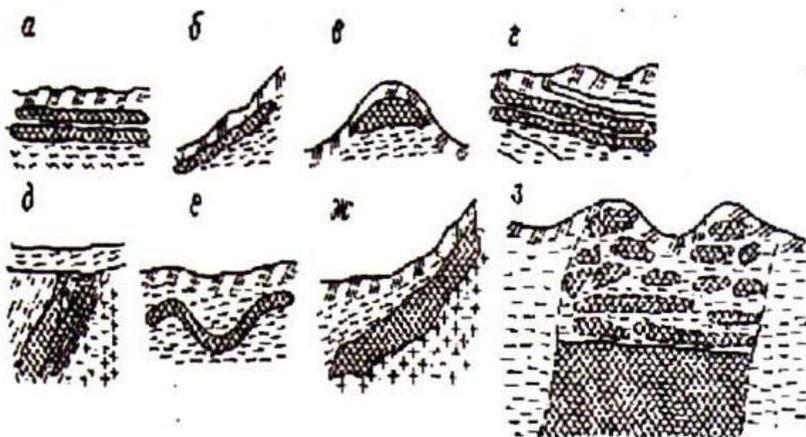


Рис. 5. Схемы разрабатываемых месторождений и залежей:
а, б, з, ж – плитообразные; в, з – изометрические;
д – промежуточные; е – переходные.

глубинного типа – расположенные значительно ниже господствующего уровня поверхности, мощность толщи пустых пород может составлять от 40 до 250 м; такие месторождения могут разрабатываться открытым или подземным способом, что экономически обосновывается;

высотного типа – расположенные выше господствующего уровня поверхности; месторождения могут быть объектами открытых или подземных разработок;

высотно-глубинного типа – частично расположенные выше и ниже господствующей поверхности.

Залегание может быть согласным или несогласным с рельефом поверхности; залежь может занимать всю или часть возвышенности (склона горы). От положения залежи относительно земной поверхности зависят размеры карьера по глубине и в плане, а также применяемые технические средства, особенно транспортные.

4. По углу падения различают залежи:

пологие, характеризующиеся слабонаклонным (до $8 - 10^\circ$) и волнистым залеганием основной части залежи; их частным случаем являются горизонтальные залежи;

наклонные – с углами падения от 8 – 10 до 25 – 30°;
крутонаклонные – с углами падения более 25 – 30°;
крутые – с углами падения 56 – 90°;

сложного залегания, характерного при антиклинальных и синклинальных складках и резких геологических нарушениях; оно отличается переменным направлением падения залежи.

Такое разделение залежей принято на основе технологии ведения открытых горных работ. Так, размещение отвалов в выработанном пространстве карьера возможно при разработке горизонтальных и пологих залежей (рис. 6, а) и в особых случаях – при разработке вытянутых наклонных и круто наклонных залежей. При разработке наклонных залежей по условиям устойчивости конечных бортов карьера и размещения вскрывающих выработок обычно не требуется выемка вскрывных пород лежащего бока залежи (рис. 6, б). При крутом падении необходимо производить разработку вмещающих пород как висячего, так и лежащего боков залежи (рис. 6, в).

5. По мощности залежи разделяются на весьма маломощные, малой мощности, средней мощности, мощные и весьма мощные. Такое разделение связано с зависимостью числа одновременно обрабатываемых добычных уступов от мощности залежи. Условия и порядок разработки горизонтальных и наклонных (крутонаклонных) залежей неодинаковы, поэтому численно различны для этих залежей и показатели одних и тех же классов мощности.

6. Строение залежи. По этому признаку различают:

простые залежи (см. рис. 6, б, ж) с однородным строением, без существенных прослоек и включений; в этом случае все полезные ископаемые залежи вынимают совместно (валовый способ выемки);

сложные залежи (см. рис. 6, а, г), содержащие наряду с кондиционным полезным ископаемым некондиционные его сорта, а также прослойки или включения пустых пород с четко выраженными контактами; в этом случае необходима отдельная (селективная) разработка кондиционного и некондиционного полезного ископаемого и пустых пород;

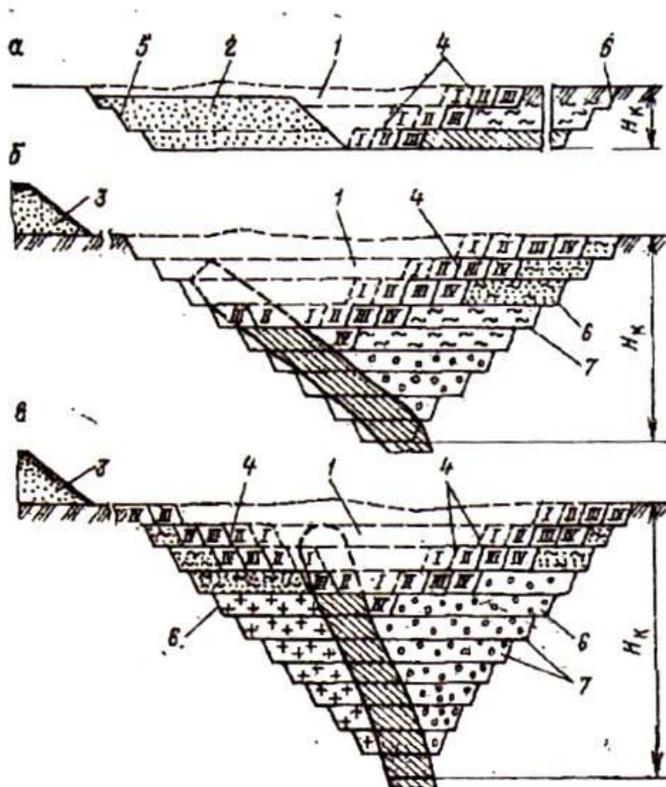


Рис. 6. Схемы открытой разработки залежей: а) горизонтальные и пологие залежи; б) наклонные залежи; в) крутонаклонные залежи: 1 – выработанное пространство; 2 и 3 – соответственно внутренние и внешние отвалы; 4 и 5 – соответственно рабочий и нерабочий борт; 6 – конечный контур карьера; 7 – бермы; I – IV – последовательность развития работ на уступах.

рассредоточенные залежи (см. рис. 6, 3), имеющие сложное строение, при котором кондиционное и некондиционное полезное ископаемое и пустые породы распределяются в толще земной коры без четкой закономерности и выраженных контактов; выбор отдельного или валового способа выемки полезного ископаемого производится после детальной эксплуатационной разведки.

7. Качество полезного ископаемого в залежи может быть распределено:

равномерно, когда качество полезного ископаемого, соответствующее требованиям потребителя, примерно одинаково в пределах залежи; в этом случае выемка (валовая или раздельная) на разных участках залежи может производиться независимо, без усреднения;

неравномерно, когда распределение качества неодинаково по глубине или в плане залежи; в этом случае необходимо планировать одновременную выемку в разных частях залежи, иметь несколько рабочих выемочных участков и усреднять качество.

8. По преобладающим типам пород месторождения могут быть представлены:

скальными вскрышными породами и полезным ископаемым; разнородными покрывающими породами и скальными (полускальными) полезным ископаемым и вмещающими породами; в этом случае покрывающая залежи мощная толща представлена чередующимися мягкими, плотными, полускальными и скальными породами;

мягкими и плотными покрывающими породами и скальными, или полускальными полезным ископаемым и вмещающими породами;

полускальными вскрышными породами и полускальным или весьма плотным полезным ископаемым;

мягкими вскрышными породами и разнородным полезным ископаемым;

мягкими вскрышными породами и мягким или плотным полезным ископаемым.

Перечисленные факторы оказывают решающее влияние на выбор технических средств, порядок ведения и возможность производства открытых горных работ.

Виды открытых горных разработок

Основные виды открытых разработок классифицируются по положению залежи относительно поверхности (рис.7).

1. Разработки подводного вида. Залежи расположены под водой, покрывающие породы обычно имеют относительно

небольшую мощность. К данному виду относятся, в частности, разработки в поймах рек и со дна морей и озер. Породы мягкие, плотные, полускальные или разнородные.

2. Каждый из указанных видов открытых разработок отличается от другого подготовкой месторождения к эксплуатации, порядком его разработки, вскрытием рабочих горизонтов, расположением отвалов и соответственно характером комплексной механизации горных работ.

3. Разработки первого вида наиболее экономичны. При этом выемка полезного ископаемого осуществляется сразу на полную мощность и вскрышные породы размещаются в выработанном пространстве.

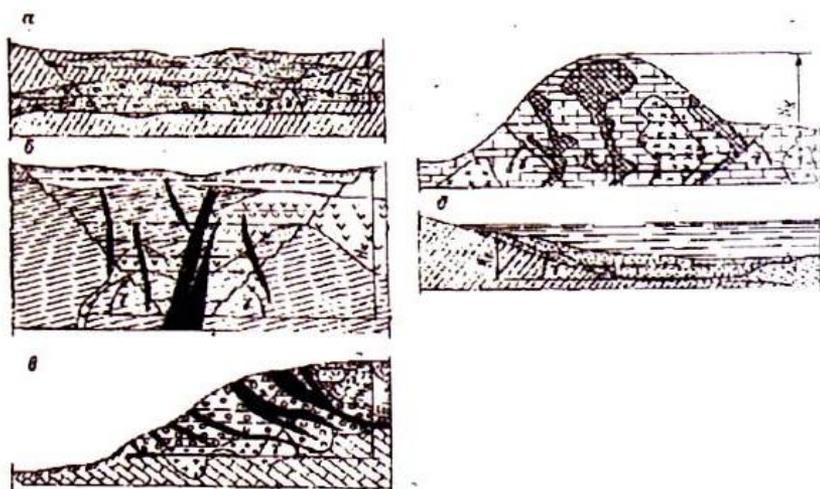


Рис. 7. Схемы открытых разработок:

а, б, в, г и д – соответственно поверхностного, глубинного, нагорного, нагорно-глубинного и подводного вида.

4. Вскрышные работы и отработка залежи полезного ископаемого при разработках глубинного вида производятся послойно в нисходящем порядке. Горную массу, как правило, перемещают вверх, на поверхность, и вскрышные породы складывают во внешние отвалы. Отработке каждого нового слоя предшествуют горно-подготовительные работы, обеспечиваю-

щие вскрытие рабочих горизонтов. Глубина карьера постепенно возрастает до предела, определяемого границами карьерного поля.

5. Для открытых разработок нагорного вида характерно перемещение покрывающих и вмещающих пород и добытого полезного ископаемого с применением транспорта вниз, к месту расположения отвалов и перерабатывающего комплекса.

6. Разработка месторождений нагорно-глубинного вида имеет характерные черты второго и третьего видов, открытых разработок.

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют залежи, классифицируемые по форме?
2. Что предопределяет форма залежей?
3. Какие типы залежи различают по углу падения?

1.3. Виды и размеры карьерных полей

Месторождение или часть его, разрабатываемую одним карьером, называют *карьерным полем*. Карьерное поле является объемной геометрической фигурой, характеризующейся размерами в плане, глубиной и углами откосов бортов; оно входит в состав земельного отвода карьера, в пределах которого размещаются также отвалы, промышленная площадка и другие производственные сооружения.

Размеры карьерного поля определяют общие объемы горных работ и возможную производственную мощность карьера.

Конечная глубина (H_k) разработок поверхностного вида определяется природными условиями и изменяется незначительно за весь период ведения работ. При разработках глубинного, нагорного и смешанного видов эта глубина устанавливается при проектировании карьера. Современные карьеры имеют глубину от нескольких метров до 450 м. Проектами предусматривается возможность открытой разработки до глубины 800 м.

Размеры дна карьера (l_d и b_d) устанавливаются оконтуриванием разрабатываемой части залежи на отметке конечной глубины карьера (рис. 8). Минимальные его размеры определяются условиями безопасной выемки и погрузки пород на нижнем уступе (по ширине $b_d \geq 30$ м, по длине $l_d \geq 100$ м).

Углы откосов бортов карьера (γ) определяются условиями устойчивости пород прибортового массива, а при устойчивых породах – размещением транспортных коммуникаций – транспортных берм и наклонных траншей. Эти углы стремятся принимать более крутыми, чтобы уменьшить общий объем вскрышных работ.

Размеры карьера по простиранию и вкрест простирания залежи по поверхности определяются размерами залежи и дна карьера, глубиной и углами откосов бортов, топографическими и гидрографическими условиями. Устанавливают размеры карьера, как правило, графически, иногда, в простых условиях, аналитически. На очень крупных месторождениях L_k и B_k определяются условиями вскрытия рабочих горизонтов и разделением залежей на отдельные карьерные поля.

Параметры карьера должны обеспечивать эффективное использование горного и транспортного оборудования. Например, протяженность вытянутого карьерного поля должна соответствовать установленной мощности карьера, т.е. суммарной протяженности потребных экскаваторных фронтов.

Если разрабатывается один борт карьера, то

$$(L_k + l_d)/2 = f N_s L_{ф.э} / n_{р.у}$$

где f – коэффициент резерва забоев; N_s – число рабочих экскаваторов; $L_{ф.э}$ – длина одного экскаваторного фронта, м; $n_{р.у}$ – число рабочих уступов.

Увеличение длины карьерного поля обуславливает:

рост запасов полезного ископаемого в пределах карьерного поля и возможность увеличения мощности карьера;

снижение среднего и текущего коэффициентов вскрыши в результате уменьшения влияния объема разноса торцов карьера;

при равнинном рельефе объемы разноса продольных V_n (m^3) и торцовых V_T (m^3) бортов карьера составляют (см. рис. 8):

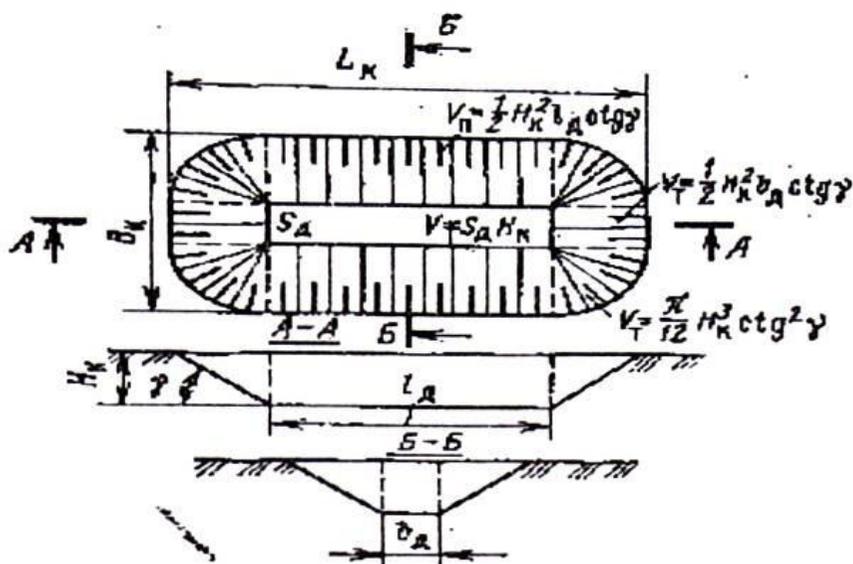


Рис. 8. Схема к определению размеров карьерного поля.

$$V_n = H_k^2 l_o ctg^2 \gamma_{cp},$$

$$V_T = H_k^2 b ctg \gamma_{cp} + \frac{\pi}{3} H_k^3 ctg^2 \gamma_{cp},$$

где γ – усредненный угол откоса бортов, градус;

уменьшение общекарьерных расходов на тонну запасов и затрат на добычу полезного ископаемого при увеличении мощности карьера и уменьшении текущих коэффициентов вскрыши.

Недостатками большой длины карьерного поля, особенно при применении железнодорожного транспорта, являются:

увеличение пробега транспортных средств по рабочим площадкам и бермам, продолжительности рейса и транспортных расходов;

ухудшение условий обмена поездов на уступах, в связи с чем необходимо повышать полезную массу поезда и содержать дополнительные стрелочные переводы;

увеличение объема горно-подготовительных работ для обеспечения роста производственной мощности карьера путем увеличения длины разрезных траншей, числа наклонных траншей и т. п.

Таким образом, увеличение или уменьшение длины карьерного поля, а, следовательно, и фронта горных работ связано с ухудшением технико-экономических показателей работы карьера. Длина карьерных полей изменяется от сотен метров до 6 км, а ширина в зависимости от типа залежи и вида открытых разработок составляет до 5 км. На крупных карьерах $L_k = 2 \div 2,5$ км.

Общий объем горной массы в контурах карьерного поля (V_k) определяет производственную мощность предприятия, срок его существования и др. При равнинном рельефе поверхности V_k достаточно точно можно определить по выражению

$$V_k = S_{\partial k} H_k \frac{1}{2} P_{\partial k} H_k^2 \operatorname{ctg} \gamma_{cp} + \frac{\pi}{3} H_k^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{cp},$$

где $S_{\partial k}$ — площадь дна карьера, м^2 ; $P_{\partial k}$ — периметр дна, м.

Площадь карьерного поля по поверхности (м^2) приближенно составляет

$$S_k = k L_k B_k$$

где k — коэффициент, учитывающий форму карьерного поля (обычно $k = 0,8 \div 0,9$).

По форме и размерам различают обширные, вытянутые и округлые карьерные поля (рис.9).

Обширные карьерные поля, соответствующие в основном поверхностному виду открытых разработок, обычно характеризуются относительно небольшой глубиной (H_k до 100 м) при большой площади карьера в плане (до 10–40 км^2) и сравнительно мало отличающихся параметрах L_k и B_k .

Вытянутые карьерные поля имеют большие размеры по простиранию (L_k до 3–5 км), в несколько раз превышающие размеры в крест простирания залежи B_k . Такие карьеры характерны для глубинного вида открытых разработок при H_k до

150–200 м и при поверхностном виде разработок узких вытянутых залежей.

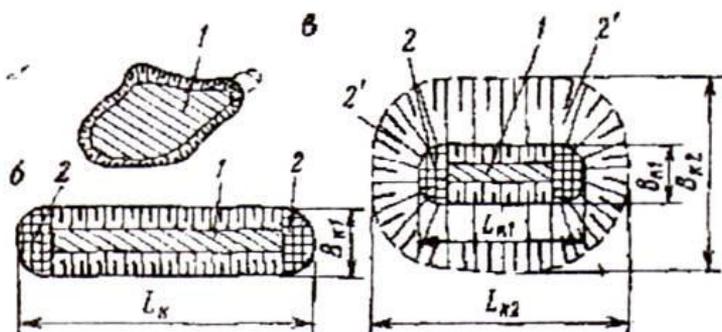


Рис. 9. Схемы карьерных полей по форме и размерам: а – обширные; б – вытянутые; в – округлые; 1 – дно карьера; 2 и 2' – торцовые части карьера соответственно вытянутой и округлой формы

Округлые карьерные поля характерны при любой глубине разработки штокообразных залежей и большой глубине (200–800 м) разработки залежей любой формы в плане; разнос уступов по периметру карьера такой глубины предопределяет округленную или овальную форму поля в плане независимо от формы дна карьера; обычно оно также имеет овальную форму.

Подразделение карьерных полей по форме в плане на вытянутые и округлые принимается в зависимости от соотношения объемов карьера в целом V_K и его торцовых частей V_T : карьерные поля относятся к вытянутым, если V_T составляет не более $(0,15 \div 0,20) V_K$. Для приближенных расчетов общих объемов горных работ карьерное поле можно считать вытянутым, если $L_K : B_K \geq 4:1$.

В процессе разработки у карьеров поверхностного вида изменяются размеры в плане, а у карьеров глубинного вида – одновременно глубина и размеры в плане; при этом обычно ширина карьера увеличивается быстрее его длины, отношение $L_K : B_K$ уменьшается и карьерное поле постепенно становится округлым даже при разработке пластообразных залежей.

По соотношению размеров карьерных полей и месторождения и последовательности вовлечения последнего в разработку различают следующие виды карьерных полей.

Карьерное поле охватывает все месторождение (рис. 9, а); размеры и форма поля в плане определяются размерами и формой залежи, а также условиями разноса бортов.

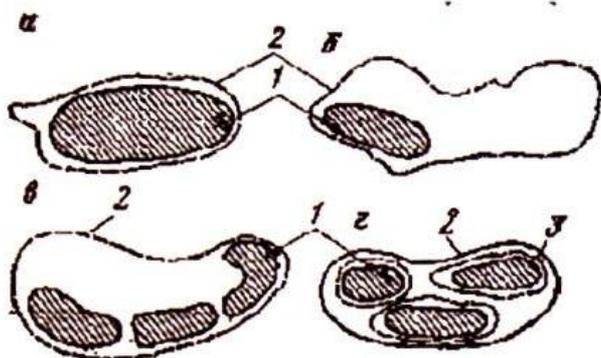


Рис. 9. Схемы карьерных полей:

1 — контур залежи или отдельного карьерного поля; 2 — контур карьерного поля (месторождения); 3 — контур за балансовых запасов.

Карьерное поле входит в систему (группу) одновременно эксплуатируемых полей, на которые разделено данное месторождение (рис. 9, в). Такие карьерные поля возможны при больших размерах месторождения, когда создание одного карьера большой мощности невозможно или нецелесообразно; система карьерных полей обычно имеет единую схему транспортных коммуникаций на поверхности и отвалах.

Карьерное поле состоит из отдельных, независимых по горным работам участков (рис. 9, г); такие случаи встречаются при разработке расчлененных на независимые части месторождений. Расчлененные участки одного карьерного поля могут рассматриваться как независимые карьерные поля небольшого размера.

При проектировании определяют размеры карьера, при которых общая сумма всех затрат, приходящихся на 1 т добычи,

будет минимальной (с учетом времени вложения средств). При этом в затраты на 1 т добычи включают текущие (эксплуатационные) расходы и капитальные затраты (произведенные одновременно или разновременно), приведенные к расчетному году.

Контрольные вопросы:

1. Что называется, карьерным полем?
2. Чем определяется конечная глубина разработок?
3. Какие существуют карьерные поля?

1.4. Виды и периоды горных работ.

Порядок развития открытых горных работ

Освоение новых месторождений или очередных участков карьерного поля начинается с *подготовки поверхности*. Она заключается в проведении специальных, иногда дорогостоящих и крупных инженерных работ по отводу рек, ручьев, в некоторых случаях озер, вырубке леса и корчеванию пней, ограждению карьерного поля от стока поверхностных вод посредством сети дренажных канав. Подготовка поверхности включает также удаление и складирование для последующего использования почвенного слоя, выравнивание поверхности, создание специальных площадок для монтажа горного оборудования, сооружение первичных подъездных автомобильных или железных дорог к горным участкам и отвалам.

Обычно одновременно с подготовкой поверхности выполняются специальные работы по *осушению породного массива* в пределах карьерного поля или отдельных участков. В необходимых случаях, при склонности пород к оползанию и обрушению, производятся специальные работы по укреплению прибортовых участков породного массива.

Подготовка поверхности и осушение месторождения, выполненные полностью или частично, позволяют приступить к *горно-капитальным работам*. К ним относятся работы по удалению

покрывающих пород, созданию капитальных, разрезных траншей и котлованов, а также насыпей, которые позволяют начать систематическое производство вскрышных и добычных работ в строгом соответствии с проектом.

Горно-капитальные работы, выполняемые в период строительства карьера до сдачи его в эксплуатацию, называют *горно-строительными работами*. К ним относят также добычные работы в период строительства карьера (попутная добыча) и комплекс работ по сооружению транспортных коммуникаций.

Экономические особенности горно-строительных работ:

все затраты на горно-строительные работы относятся к капитальным вложениям;

удельные затраты на горно-строительные работы (на 1 м^3) больше, чем на горные работы в период эксплуатации карьера, особенно после достижения им проектной производственной мощности.

С учетом этого горно-строительные работы целесообразно выполнять в том минимальном объеме, который необходим для обеспечения добычи полезных ископаемых: либо в объеме полной проектной мощности карьера, либо части этой мощности (чаще всего от 30 до 60%), предусмотренной в утвержденном проекте.

Эксплуатационные горные работы, подразделяются на:

вскрышные работы, заключающиеся в выемке и перемещении в отвалы пустых пород и некондиционных полезных ископаемых с созданием подготовленных к разработке и вскрытых запасов полезного ископаемого;

добычные работы, заключающиеся в выемке и доставке добытого полезного ископаемого на склады или к потребителю.

В состав эксплуатационных горных работ входят также работы по зачистке вскрытых запасов полезного ископаемого, устройству транспортных коммуникаций, проведению очередных участков разрезных траншей на вскрытых уступах для увеличения длины фронта добычных и вскрышных работ и работы по развитию отвального хозяйства карьера.

Горно-капитальные работы финансируются согласно проекту Стройбанком в порядке, установленном для строящихся объектов; эксплуатационные горные работы финансируются промбанком в порядке, установленном для действующих предприятий.

После сдачи карьера в эксплуатацию с неполной проектной мощностью все горные работы относятся к эксплуатационным или, наряду с эксплуатационными работами, продолжают одновременно выполняться горно-капитальные работы на очередных участках карьерного поля. По мере увеличения длины фронта горных работ, подготовленных к разработке и вскрытых запасов полезного ископаемого, сдаются в эксплуатацию следующие очереди карьера. Таким образом, поэтапно наращивается производственная мощность карьера до проектного уровня.

Период от сдачи карьера в эксплуатацию до достижения им проектной мощности часто называют периодом освоения проектной мощности карьера. При изменении вводимой мощности (полной проектной или отдельной очереди – пускового комплекса по полезному ископаемому) от 5 до 30 млн. т/год и более нормативный срок ее освоения возрастает от 9 до 24 мес.

Работы по созданию вскрывающих и разрезных горных выработок называются *горно-подготовительными*. В зависимости от периода деятельности карьера (строительный или эксплуатационный) и источника финансирования (капитальные вложения или за счет основной деятельности действующего предприятия) горно-подготовительные работы относятся к горно-капитальным или эксплуатационным работам. В некоторых случаях проводимые в эксплуатационный период после освоения проектной мощности карьера горно-подготовительные работы относятся к горно-капитальным.

К горно-капитальным относятся также продолжающиеся в эксплуатационный период работы, связанные с осушением, в частности бурение очередных водопонижающих скважин, сооружение подземных дренажных выработок и дорог.

При установлении дополнительных разведочных данных о месторождении и переутверждении запасов полезных ископа-

емых, особенно при переходе с одного этапа горных работ на другой согласно проектному графику, возникает необходимость в *реконструкции карьерного хозяйства* с заменой горного и транспортного оборудования, реконструкцией вскрывающих выработок и отвалов и изменением производственной мощности карьера. Работы по реконструкции относятся к горно-капитальным и осуществляются по специально утвержденным проектам.

Заключительной стадией открытой разработки месторождения, обычно связанной с истощением запасов или с необходимостью перехода на подземный способ разработки, является *период «затухания» (погашения) горных работ*, продолжающийся иногда несколько лет.

Порядок развития открытых горных работ не может устанавливаться произвольно. Он является логическим следствием и прежде всего зависит от типа, разрабатываемого месторождения, рельефа поверхности, формы залежи, положения залежи относительно господствующего уровня поверхности, угла ее падения, мощности, строения, распределения по качеству полезных ископаемых и типов вскрывных пород.

На рис. 10 показаны схемы развития горных работ и уступов карьера в профиле и плане. Стрелками изображены направления подвигания горных работ для залежей различной формы в условиях равнинной поверхности. Для ускорения ввода карьера в эксплуатацию и сокращения уровня капитальных затрат горные работы начинают вести там, где залежь полезного ископаемого находится ближе к поверхности при минимально возможном объеме горно-строительных работ с обязательным учетом возможных решений по вскрытию рабочих горизонтов на будущие периоды и с учетом системы разработки, обеспечивающей высокий уровень комплексной механизации горных работ.

Главная цель открытых горных работ – добыча из недр полезных ископаемых с одновременной выемкой большого объема покрывающих и вмещающих залежи вскрывных пород–

Достигается при четкой и высокоэкономичной организации ведущего и наиболее дорогого процесса открытых горных работ – перемещения горной массы из забоев в пункты приема на складах и отвалах.

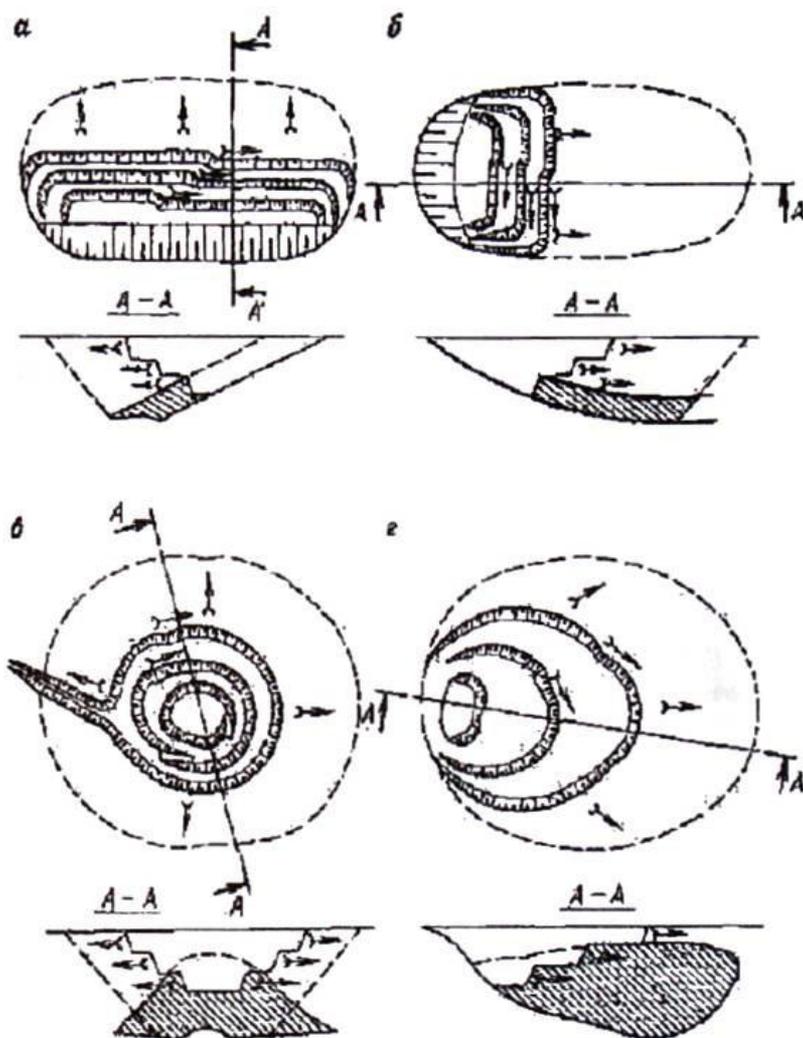


Рис. 10. Схемы развития горных работ:

а, б, в и г – фронт работ расположен соответственно вдоль длинной оси карьера, вдоль короткой оси, concentрически и по эллипсу

Эффективность процесса перемещения достигается организацией устойчиво действующих грузопотоков полезных ископаемых и вскрышных пород, применительно к которым решаются вопросы вскрытия рабочих горизонтов карьерного поля, а также и мощностей используемых транспортных средств.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается подготовка поверхности?
2. Какие работы относятся к горно-капитальным?
3. На какие работы подразделяются эксплуатационные горные работы?

1.5. Понятие о режиме и этапах горных работ. Подготовка карьерного поля к разработке

Технические решения при открытой разработке месторождений и экономические ее результаты определяются прежде всего соотношением объемов вскрышных и добычных работ в целом и по периодам деятельности карьера. Количественная оценка этих соотношений производится с применением коэффициентов вскрыши.

Средний коэффициент вскрыши K_{cp} (m^3/m^3)—отношение объема вскрышных пород $V_{вк}$ в контурах карьера к запасам полезного ископаемого $V_{ик}$ в этих контурах:

$$K_{cp} = \frac{V_{вк}}{V_{ик}}$$

Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши $K_{ср,э}$ (m^3/m^3)—средний коэффициент вскрыши за период эксплуатационных работ в карьере. Он определяется отношением общего объема вскрышных пород $V_{вк}$ в карьере за минусом объема $V_{в,с}$, который был удален при строительстве карьера, к общим запасам полезного ископаемого $V_{ик}$ за минусом той части $V_{и,с}$, которая добыта при строительстве карьера:

$$K_{ср.з} = \frac{V_{в.к} - V_{в.с}}{V_{и.к} - V_{и.с}}$$

Текущий коэффициент вскрыши K_T ($\text{м}^3/\text{м}^3$) – отношение объема вскрышных пород $V_{в.т}$, фактически перемещаемых из массива в отвалы за какой-либо период времени (месяц, квартал, год), к добываемому объему полезного ископаемого $V_{и.т}$ за этот же период:

$$K_T = \frac{V_{в.т}}{V_{и.т}}$$

Граничный коэффициент вскрыши $K_{гр}$ определяет объем вскрышных пород на единицу объема полезного ископаемого, который допустимо перемещать из массива в отвалы по условию рентабельности открытой разработки.

Плановый коэффициент вскрыши K_n применяется при планировании текущей производственной себестоимости полезного ископаемого C_T ($\text{сум}/\text{м}^3$); он характеризует объем вскрышных работ, затраты на которые погашаются в процессе текущего производства открытых работ:

$$C_T = C_{и.т} + K_n C_{в.т}$$

где $C_{и.т}$ и $C_{в.т}$ – соответственно текущие затраты на разработку 1 м^3 полезного ископаемого и 1 м^3 вскрышных пород.

Коэффициенты вскрыши на многих карьерах измеряются отношением объема или массы вскрышных пород к 1 т полезного ископаемого.

Соотношением текущих объемов вскрышных и добычных работ в первую очередь определяется производственная мощность карьера по горной массе, не являющаяся постоянной, прежде всего, из-за изменения годовых объемов вскрышных работ по отдельным периодам. Это изменение является следствием непостоянной мощности вскрыши и залежи полезного

ископаемого, условий его залегания, наличия разнообразных геологических нарушений, неравномерного содержания полезных компонентов в залежи. Изменения определяются также экономическими причинами. Вместе с тем предприятия – потребители полезного ископаемого рассчитаны на определенную производственную мощность и должны получать строго определенные объемы полезного ископаемого установленного качества.

Под режимом горных работ понимается установленная проектом или исследованием последовательность выполнения объемов вскрышных и добычных работ во времени, обеспечивающая планомерную, безопасную и экономически эффективную разработку месторождения за срок существования карьера. Режим горных работ оценивается по графику, на котором показаны изменения объемов добычи и вскрышных работ по годам за весь период существования карьера (рис. 11).

На относительно короткий период (до 5 лет) режим горных работ на действующих карьерах устанавливают при планировании горных работ на пятилетие. Экономически эффективным является режим горных работ, который обеспечивает максимальную прибыль от разработки месторождения с получением полезного ископаемого требуемого качества.

При продолжительности работы карьера 8–12 лет (что соответствует сроку амортизации основного карьерного оборудования) экономическая эффективность достигается тем, что возможно больший период времени ведут разработку с постоянными годовыми объемами вскрышных работ (рис. 11, а); при большей продолжительности работы карьера в общем случае целесообразно разделить весь срок работы на отдельные периоды, каждый из которых характеризуется постоянным годовым объемом вскрышных работ; объемы этих работ увеличивают или уменьшают при переходе к следующему периоду (рис. 11, б).

Периоды работы карьера с существенно различающимися объемами вскрышных работ называются этапами разработки.

При небольшом сроке существования карьера стремятся к разработке без разделения на этапы, а при длительном сроке желательно выделение нескольких этапов.

В первом случае работы целесообразно производить с постоянным текущим коэффициентом вскрыши, близким к среднеэксплуатационному. Во втором случае получается ступенчато возрастающий по этапам график режима горных работ (см. рис. 11, б). Продолжительность каждого этапа увязывают со сроками амортизации основного оборудования; переход от этапа к этапу обычно приурочивают к периоду, когда становится необходимой реконструкция карьера и замена физически и морально устаревшего горного и транспортного оборудования.

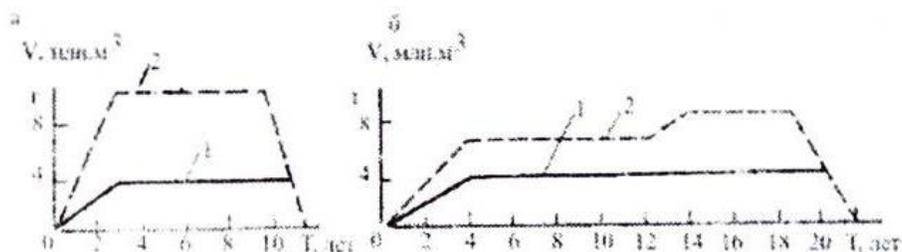


Рис. 11. Графики изменения объемов V добычи (1) и вскрыши (2) по годам T : а и б – соответственно при продолжительности существования карьеров в течение 10 и 20 лет.

Неравномерный режим горных работ внутри этапа приводит в отдельные годы к выполнению «пиковых» объемов вскрышных работ. При этом ухудшаются экономические показатели разработки, так как за сравнительно короткий период происходит концентрация большого числа горного и транспортного оборудования, энергомошностей, что приводит к переукомплектованию штатов рабочих и служащих, а также к дополнительному строительству вспомогательных цехов и бытовых сооружений. Особенно остро ощущаются недостатки неравномерного режима работ на карьерах с относительно коротким сроком существования и при сооружении их в недостаточно освоенных районах страны.

Поддержание равномерных объемов вскрышных работ на каждом этапе способствует устойчивой экономической деятельности предприятия.

Выбор рационального режима горных работ на карьере имеет большое значение для повышения рентабельности предприятий и ускорения оборачиваемости средств, позволяет уменьшить преждевременные и малоэффективные затраты в те периоды работы карьера, когда коэффициент вскрыши и себестоимость полезного ископаемого меняются из-за изменения природных условий. Календарным этапам соответствуют объемные этапы развития карьера, т.е. определенные промежуточные контуры карьера по глубине и в плане (рис. 12). Установление таких поэтапных контуров, а внутри них годовых контуров (положения горных работ) по каждому уступу и является задачей установления рационального режима горных работ.

Для нормального ведения горных работ и возможности размещения технических и хозяйственных сооружений, транспортных коммуникаций и отвалов все естественные препятствия и искусственные сооружения в пределах карьерного поля и в зоне транспортных подступов к нему удаляются или переносятся. К естественным препятствиям относятся: леса, крупный кустарник, ручьи, реки, озера, болота — на равнинных месторождениях; нависи, заколы — в горах. Автомобильные и железные дороги, проходящие в пределах технических границ карьера, а также различные промышленные и бытовые сооружения относятся к искусственным сооружениям.

Лес и кустарник удаляют в первую очередь на территории проведения капитальных и разрезных траншей и размещения промплощадки, а затем, по мере развития горных работ, — полностью в пределах конечных контуров карьера. Эти работы выполняют механизированным способом с использованием электромеханических пил, кусторезов, бульдозеров и других средств. В районах с сильными снежными заносами и в степной засушливой местности растительность вокруг карьера и

промплощадки должна сохраняться как можно дольше. Она предохраняет эти объекты от снежных и песчаных заносов.

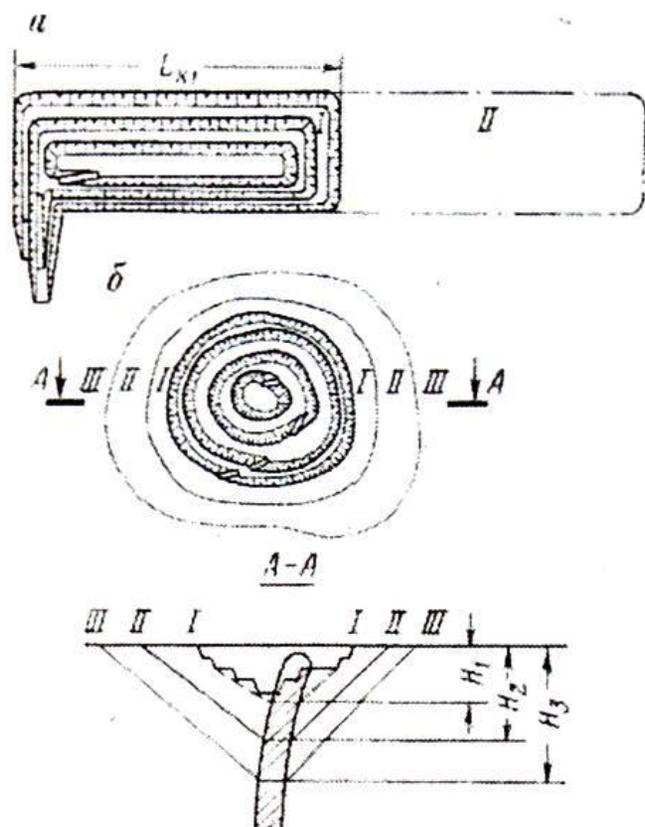


Рис. 12. Схемы этапных контуров развития карьера:
а и б – на карьерах соответственно вытянутой и округлой форм

Воды болот, озер, ручьев и рек отводят сразу за пределы горного отвода. Для спуска воды устраивают каналы со стоком в сторону пониженных участков рельефа местности, а для отвода ручьев и рек сооружают обводной канал за контуром горного отвода. Старое русло обычно перекрывают плотиной для создания требуемого подпора, так как трасса обводного канала, как правило, проходит по более высоким абсолютным отметкам. Размеры поперечного сечения обводного канала должны

обеспечить пропуск воды в паводковый период. Для предотвращения просачивания воды в карьер откосы канала бетонируют или облицовывают камнем. Обводному каналу придают уклон, равный естественному уклону русла реки на данном участке.

Обводненность месторождений резко снижает устойчивость откосов горных выработок, проведенных в песчаных, мягких, плотных и трещиноватых скальных и полускальных породах, затрудняет и удорожает строительство и содержание транспортных коммуникаций в карьере, резко снижает производительность основного горного и транспортного оборудования.

Система осушения месторождения должна обеспечить нормальные условия ведения горно-капитальных и эксплуатационных работ в карьере. Мероприятия по осушению предусматривают ограждение карьера от притоков поверхностных и подземных вод посредством проведения специальных выработок и организации водоотлива.

Способ осушения карьера выбирают в зависимости от водно-физических свойств горных пород, числа, расположения, мощности и водообильности водоносных горизонтов. Различают поверхностный, подземный и комбинированный способы осушения.

В любых гидрогеологических условиях для ограждения карьера от стока поверхностных вод на участках понижения отметок рельефа сооружают нагорные каналы, по которым вода поступает к водосборникам. Поперечное сечение нагорных канав рассчитывают по возможному притоку воды, а продольному профилю канав придают уклон $i=2\div 3\%$.

При разработке месторождений с несложными гидрогеологическими условиями проводят дренажные траншеи и создают систему карьерного водоотлива. При таком поверхностном способе осушения дренажной является и сам карьер.

Несложными гидрогеологическими условиями характеризуются:

месторождения, сложенные скальными и полускальными мало – и среднетрешиноватыми породами и водоносными наносами мощностью до 10–15 м при притоке подземных вод в карьер до 300–500 м³/ч;

месторождения, сложенные мягкими и песчаными неустойчивыми породами с локальным водонасыщением и притоком подземных вод в карьер до 100 м³/ч.

Осушение остальных месторождений, находящихся в сложных и весьма сложных гидрогеологических условиях, должно осуществляться с созданием системы специальных дренажных выработок для понижения уровня подземных вод в контуре карьерного поля.

Поверхностный способ осушения этих месторождений иногда заключается в создании системы дренажных траншей или траншей в комплексе с горизонтальными дренажными скважинами, но гораздо чаще – в создании системы вертикальных водопонижающих скважин большого диаметра (250–500 мм), которые располагают в один, два или три ряда на расстоянии от 30–50 до 200–250 м один от другого в зависимости от коэффициента фильтрации осушаемых пород. Откачку воды из таких скважин производят, как правило, центробежными погружными насосами.

При подземном способе осушения сооружают обычно дренажные стволы с сетью подземных выработок, которые проводят по полезному ископаемому или пустым породам. Штреки проводят в устойчивых породах по водопроницаемому породному слою через каждые 200–250 м вдоль бортов карьера, склонных к деформациям. Вода поступает в дренажные выработки через сквозные или забивные фильтры. Из выработок вода стекает в водосборник дренажного ствола и откачивается на поверхность.

При комбинированном способе осушения используется система скважин, пробуренных с поверхности, и дренажных штреков с необходимыми устройствами. Проведение дренажных подземных выработок в период строительства карьера

производится специальными строительными организациями, а в период эксплуатации – службами карьера, выделяемыми в специализированные участки.

В течение разработки месторождения система осушения карьера, как правило, изменяется: создаются новые контуры водопонижающих скважин, подземные выработки, водосборники и т. д. Изменение системы позволяет заблаговременно осушить горные породы до их разработки и в то же время избежать преждевременного строительства дорогих водопонизительных сооружений.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные виды коэффициентов вскрыши.
2. Что определяет граничный коэффициент вскрыши?
3. Что вы понимаете под режимом горных работ?

1.6. Порядок формирования грузопотоков. Виды грузопотоков

Разнообразие форм залежей и условий их залегания в недрах, с одной стороны, и основной принцип открытых разработок – послойная (поуступная) выемка как вскрышных пород, так и полезных ископаемых, с другой стороны, предопределяют необходимость формирования грузопотоков таким образом, чтобы обеспечить минимальные затраты на

перемещение горной массы из забоев на отвалы и на склады и тем самым добиться максимальной экономии при ведении открытых горных работ. Решение этой проблемы заключается в создании грузопотоков карьера и на этой основе вскрытия рабочих горизонтов карьера.

При построении поэтапного графика режима горных работ необходимо предусматривать минимальные сроки начала добычи полезного ископаемого и целесообразное отнесение на более поздние периоды выемки и перемещения основной массы вскрышных пород. По поэтапному графику представляется воз-

возможность оценить экономическую эффективность принятого варианта развития горных работ путем сравнения с возможными другими вариантами. Если данный порядок развития принимается за основу, приступают к рассмотрению и формированию грузопотоков.

Построения графиков показывает, как по этапам горных работ, так и по годам существования карьера определяются требуемые объемы вынимаемых и перемещаемых карьерных грузов для обеспечения планов развития производства. Пользуясь методом вариантов, поэтапные и календарные графики можно совершенствовать с целью оптимизации экономических результатов открытой разработки данного месторождения. Вместе с тем выполненные таким образом даже приближенные расчеты позволяют обосновать формирование грузопотоков карьера на всех этапах горных работ и, следовательно, доказать экономическую эффективность принятого способа вскрытия. Графики формирования грузопотоков следует строить для всех типов месторождений с обязательным учетом рельефа поверхности. При необходимости следует разделять объемы вскрышных пород по их видам, а полезное ископаемое по сортам, чтобы затем принять более правильные решения по выбору комплекса горного и транспортного оборудования и длительности функционирования каждого грузопотока. На графиках при этом фиксируется генеральная отметка поверхности и выделяются нагорная и глубинная части карьерного поля.

Каждый выемочный слой в общем случае может быть представлен:

- вскрышными породами (скальными, полускальными, плотными или мягкими);
- некондиционными и забалансовыми полезными ископаемыми, складирруемыми в отдельные отвалы для использования в последующие периоды;
- полезными ископаемыми, в которых согласно плановым заданиям выделяют типы и сорта для отдельного транспортирования и использования.

Поток грузов определенного качества, характеризующийся сравнительно устойчивым (во времени) направлением и определенным объемом перевозок в единицу времени (смену или сутки), называется элементарным грузопотоком.

Если породы в забое однородны (простой забой), то от него начинается один элементарный грузопоток; от сложного забоя (при разнородных породах и раздельной выемке) начинаются два или три элементарных грузопотока. Таким образом, число элементарных грузопотоков на уступе зависит от числа забоев и способа выемки пород в них, и оно обычно больше числа действующих забоев.

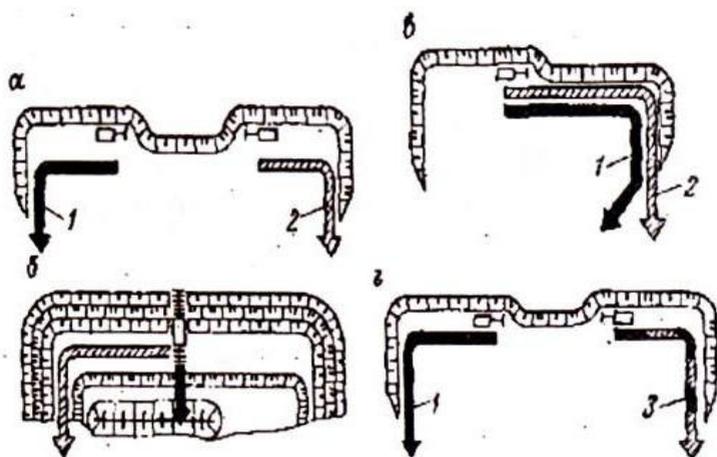


Рис. 13. Схемы элементарных грузопотоков:

*1 – вскрышных пород, 2 – полезного ископаемого,
3 – попеременно пустых пород и полезного ископаемого.*

Элементарные грузопотоки могут различаться по своим направлениям (рис. 13, а и б), а также по виду транспорта (см. рис. 13, б), транспортных коммуникаций (рис. 13, в) или моделей одного вида карьерного транспорта. Например, элементарные породный и рудный грузопотоки от сложного рудного забоя при использовании автотранспорта и одной автодороги часто различаются лишь перемещением руды и породы в разных

автосамосвалах одного и того же типоразмера (рис. 13, г). При использовании конвейерного транспорта в таких условиях уже требуются отдельные конвейеры, т.е. элементарные грузопотоки различаются транспортными коммуникациями и средствами (см. рис. 13, в).

Элементарные грузопотоки из забоев при однородных породах в целях сокращения их числа стремятся объединить в один *грузопоток с уступа* (рис. 14). По тому же принципу объединяют грузопотоки уступов в однородные *грузопотоки группы или всех уступов карьера* (рис. 6.5, а и з).



Рис. 14. Схема грузопотоков с уступа:

1 – вскрышных пород; 2 – полезного ископаемого.

Группа соединяющихся элементарных грузопотоков, имеющих общие коммуникации, образует сходящийся грузопоток (см. рис. 14 и 15, а). Общий грузопоток карьера или его участка, разделяющийся затем на отдельные грузопотоки, называется расходящимся грузопотоком (рис. 15, б). Разделяются в основном грузопотоки вскрышных пород и полезного ископаемого, реже – разнородных пород и редко – однородных пород.

Общий грузопоток, образованный сходящимися вначале элементарными грузопотоками, а затем (чаще на поверхности) расходящимися, называют сложным грузопотоком (рис. 15, в). Если по пути следования грузов имеются перегрузочные или сортировочные пункты, грузопоток называют комбинированным. В практике открытых разработок преобладают сложные и комбинированные грузопотоки.

Если грузопотоки состоят из разнородных пород, их называют *разнородными грузопотоками*.

Общий грузопоток карьера называют сосредоточенным, если составляющие его грузопотоки перемещаются по одним выходным транспортным коммуникациям из карьера (см. рис. 15, а), и рассредоточенным (см. рис. 15, г), если грузопотоки перемещаются по различным коммуникациям.

Сокращение числа грузопотоков в карьере позволяет экономичнее использовать оборудование, улучшить качество дорог, а также сократить число вскрывающих выработок и затраты на их сооружение.

Несколько грузопотоков в карьере могут быть: независимыми друг от друга, если работа комплекса оборудования, обслуживающего данный грузопоток (от его начала до конца), не зависит от работы оборудования, обслуживающего другие грузопотоки, и оборудование строго закреплено за определенным грузопотоком;

зависимыми друг от друга, если необходимо периодически перераспределить оборудование, в частности транспортные средства, по смежным грузопотокам для более полного его использования; такое перераспределение производится диспетчерской службой;

жестко зависимыми, если диспетчерская служба постоянно, в соответствии с графиком, изменяет загрузку оборудования, перераспределяет оборудование и регулирует объемы элементарных грузопотоков (например, для достижения нужного усреднения полезного ископаемого, поступающего из карьера на обогатительную фабрику).

Наиболее распространены зависимые грузопотоки. Грузопотоки организационно объединяют воедино все процессы: подготовку пород к выемке, их выемку и погрузку, перемещение, отвалообразование и складирование. Четкое функционирование грузопотоков предопределяет экономичность ведения горных работ и эффективность использования оборудования.

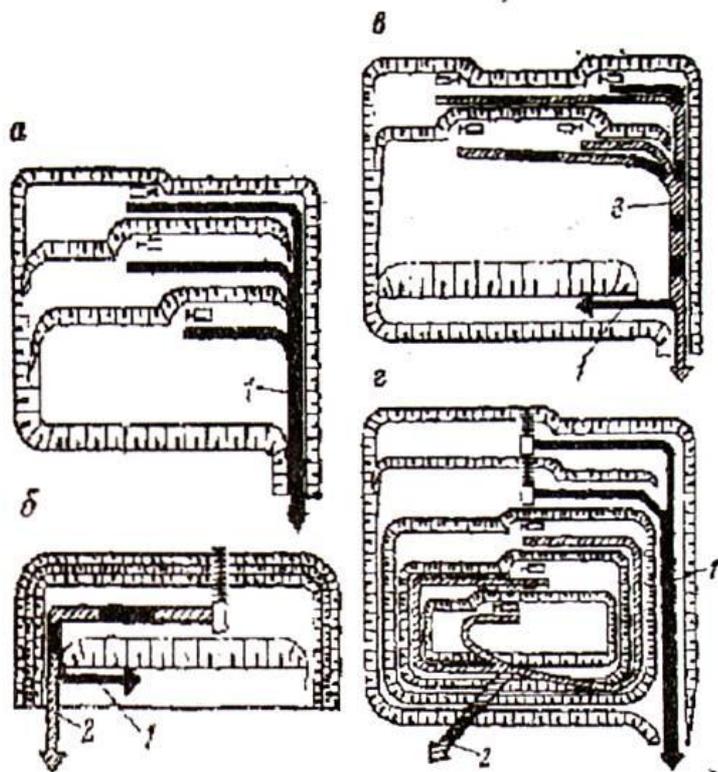


Рис. 15. Схемы грузопотоков из карьера:
1 – вскрышных пород; 2 – полезного ископаемого;
3 – попеременно пустых пород и полезного ископаемого.

Контрольные вопросы:

1. Что предопределяет необходимость формирования грузопотоков?
2. Для каких месторождений строят графики формирования грузопотоков?
3. Что называется элементарным грузопотоком?

ГЛАВА 2. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2.1. Общие сведения о системах разработки

Системой разработки называется порядок выполнения комплекса горнокапитальных, вскрышных и добычных работ, обеспечивающих для данного месторождения безопасную, экономичную и полную выемку кондиционных запасов полезного ископаемого.

Горнокапитальные работы заключаются в проведении капитальных траншей и создании первоначального фронта работ для обеспечения производственной мощности.

При разработке горизонтальных и пологопадающих месторождений, у которых величина рабочей зоны постоянна в течение периода эксплуатации карьера, горнокапитальные работы заканчивают созданием первоначального фронта вскрышных и добычных работ. При разработке наклонных и крутопадающих залежей горнокапитальные работы по подготовке новых горизонтов продолжают в течение всего периода эксплуатации месторождений. При этом величина рабочей зоны постоянно изменяется.

Нагорные месторождения с крутыми склонами и месторождения со сложной топографией могут иметь постоянную и переменную рабочую зону, поэтому системы разработки на этих месторождениях относят к числу смешанных.

Месторождение или часть его, разрабатываемая одним карьером, называется карьерным полем. Под вскрытием карьерного поля понимают проведение капитальных горных выработок, создающих доступ от поверхности земли к рабочим

горизонтам карьера и обеспечивающих возможность проведения разрезных траншей, подготавливающих месторождение к разработке.

Выбор способа вскрытия является важнейшей частью проектирования открытых разработок и зависит от многих факторов, главнейшими из которых являются рельеф местности, элементы залегания месторождения, а также инженерно-геологические и горнотехнические условия.

Рельеф местности оказывает значительное влияние на размещение поверхностных технических сооружений, внешних отвалов породы, на расположение транспортных подступов к карьеру, на форму трассы и возможные варианты ввода ее на карьер. Элементы залегания месторождения, особенно глубина, угол падения и форма залежи оказывают решающее влияние на способ вскрытия карьерного поля.

При разработке более глубоких наклонных и крутых месторождений отвалы пустых пород располагают вне контура карьера. В этих условиях перевозка карьерных грузов часто сосредоточивается на одних транспортных коммуникациях, имеющих сравнительно большую длину и подъем в грузовом направлении.

При разработке залежей, расположенных выше господствующей отметки земной поверхности (на возвышенности), могут создаваться местные отвалы для размещения породы с одного или нескольких уступов. Капитальные траншеи при этом имеют подъем в направлении движения порожних поездов, груженные поезда движутся под уклон.

Инженерно-геологические условия при выборе способа вскрытия карьерного поля влияют главным образом на местоположение капитальных траншей (последние располагают в наиболее устойчивых породах с наименьшей обводненностью).

К горнотехническим условиям, влияющим на вскрытие карьерного поля, относят: принятую систему разработки и ее параметры, степень технического вооружения карьера, объем перевозок и др. При перемещении горных пород из карьера

ленточными конвейерами или наклонными канатными подъемниками месторождение вскрывают крутыми траншеями, в то время как при железнодорожном или автомобильном транспорте требуется относительно небольшой уклон траншей.

При достаточной разведанности месторождения траншеи располагают в стационарном положении на весь срок существования карьера. При недостаточной разведанности месторождение вскрывают траншеями, которые периодически перестраивают.

При сравнении возможных вариантов вскрытия карьерного поля предпочтение отдают тому из них, который позволяет быстрее подготовить месторождение к эксплуатации, обеспечить необходимую пропускную способность вскрывающих выработок, является более экономичным и безопасным в эксплуатации.

Расположение вскрывающих выработок и направление развития вскрышных работ в контуре карьерного поля определяют объемы горнокапитальных работ и первоначальной вскрыши, среднегодовые объемы вскрышных работ, сроки строительства карьера и достижение проектной производственной мощности по добыче полезного ископаемого, а также размер капитальных затрат на приобретение горного и транспортного оборудования. Существует два основных варианта расположения вскрывающих выработок:

1) стационарное – по проектному контуру карьера на нерабочем борту;

2) нестационарное – по контакту полезного ископаемого на рабочем борту (скользящие съезды).

Системы разработки и вскрытие взаимосвязаны. В сущности, система разработки уже предполагает способ вскрытия, а именно: бестранспортная система разработки с простой или кратной перевалкой вскрыши в выработанное пространство, системы разработки с перемещением вскрыши транспортно-отвальными мостами или отвалообразователями предполагают сооружение капитальных вскрывающих выработок только для

полезного ископаемого. Системы разработки с перевозкой вскрыши в выработанное пространство помимо сооружения капитальных выработок для транспортировки полезного ископаемого требуют сооружения транспортных берм на борту карьера и путепровода в выработанном пространстве карьера.

Контрольные вопросы:

1. Разъясните термин система разработки?
2. В чем заключается смысл горнокапитальных работ?
3. Какие факторы влияют на выбор системы разработки?

2.2. Классификация систем разработки

Под системой открытой разработки месторождения понимается порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка. Система должна обеспечить безопасную, планомерную и экономичную комплексную разработку всех полезных ископаемых, требуемую производственную мощность предприятия, полное извлечение запасов, охрану недр и окружающей среды.

В общем случае горные работы включают добычные, вскрышные и горно-подготовительные работы.

При добыче малоценных полезных ископаемых, выходящих непосредственно на поверхность, вскрышные работы могут отсутствовать или не иметь существенного значения. В таких случаях системой разработки является порядок и последовательность выполнения добычных работ и работ по вскрытию и подготовке горизонтов в пределах карьерного поля.

Иногда при разработке горизонтальных месторождений после окончания горно-строительных работ нет необходимости во вскрытии новых горизонтов; в таких случаях система разработки характеризуется только порядком и последовательностью выполнения вскрышных и добычных работ.

Естественно, что система разработки связана с применяемыми комплексами оборудования на карьере. Если система

разработки определяет порядок и последовательность выполнения горных работ, то комплексы оборудования определяют виды, мощность и расстановку оборудования, обеспечивающего производство горных работ в установленном объеме и порядке. Ниже их классификации рассматриваются раздельно, так как в системах разработки, независимо от средств механизации горных работ, существует своя последовательность и закономерность производства вскрышных, добычных и горно-подготовительных работ.

По степени взаимной зависимости вскрышных, добычных и горно-подготовительных работ различают системы разработки:

зависимые (жестко зависимые), при которых существует жесткая зависимость между вскрышными, добычными и горно-подготовительными работами в отношении последовательности их выполнения во времени и пространстве; при этом плановые вскрытые запасы полезного ископаемого весьма ограничены (обычно на срок не более 15–45 дней) и порядок ведения горных работ строго регламентируется календарным планом;

полузависимые, при которых вскрышные, добычные и горно-подготовительные работы выполняются без жесткой взаимной увязки во времени; плановые вскрытые запасы могут быть значительными (на период до 3–6 мес); порядок ведения работ регулируется годовым календарным планом, предусматривающим существенные резервы времени между указанными видами работ, что позволяет выполнять их с различной интенсивностью;

независимые, при которых вскрышные, добычные и горно-подготовительные работы выполняются практически независимо друг от друга; при этом вскрытые запасы полезного ископаемого почти не ограничиваются организацией работ и резервы времени в их проведении весьма значительны.

При разработке горизонтальных или пологих залежей по окончании горно-подготовительных работ создается первичный фронт вскрышных и добычных работ карьера; возобновление горно-подготовительных работ возможно при реконструкции

карьера. Таким образом, системы разработки горизонтальных и пологих залежей в период эксплуатации характеризуются только порядком и последовательностью ведения вскрышных и добычных работ, и изменением длины фронта работ или высоты отдельных уступов и размеров рабочих площадок. Такие системы разработки называются сплошными.

При разработке наклонных и крутых залежей горно-подготовительные работы ведутся как в период строительства, так и при эксплуатации карьера для создания фронта добычных и вскрышных работ. В состав горно-подготовительных работ в эксплуатационный период входят вскрытие и нарезка новых рабочих горизонтов. Таким образом, системы разработки при наклонных и крутых залежах характеризуются порядком выполнения вскрышных, добычных и регулярных горно-подготовительных работ. Такие системы могут быть названы углубочными.

При разработке месторождений нагорного типа применяют системы первой группы. При крутых склонах и крутом наклонном падении залежей применяются системы второй группы. При разработке сложных по топографическим и горно-геологическим условиям месторождений в пределах одного карьерного поля могут одновременно применяться системы из обеих групп.

По направлению продвижения фронта горных работ в плане различают системы разработки:

- продольные, при которых однобортовой или двухбортовой фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно длинной оси карьерного поля;

- поперечные, при которых однобортовой или двухбортовой фронт вскрышных и добычных работ перемещается параллельно короткой оси карьерного поля;

- веерные, при которых фронт вскрышных и добычных работ перемещается по вееру с центральным (общим) или рассредоточенными (два и более) поворотными пунктами;

- кольцевые, при которых рабочая зона охватывает все борта по периметру карьера и разработка производится

кольцевыми полосами от центра к границам карьерного поля или от границ к центру.

При всех вариантах систем разработки основное значение имеет место расположения отвалов (внешние, внутренние или смешанные отвалы), определяющие направление перемещения вскрышных пород.

Классификация систем разработки в соответствии с указанными основными признаками приведена в табл. 3.

Указанная классификация, в основу которой положены горно-геологические и геометрические предпосылки, характеризует сущность технологии открытых горных работ и облегчает последующий расчет систем разработок.

Обоснование систем разработки предусматривает установление количественных зависимостей между основными размерами залежи, карьерного поля, параметрами элементов системы разработки, параметрами и расстановкой оборудования, и производственной мощностью карьера по добычным, вскрышным и горно-подготовительным работам.

Таблица 3

Виды вскрывающих выработок	Группа	Способ вскрытия
Капитальные траншеи	Внешние траншеи	Отдельными траншеями групповыми траншеями общими траншеями парными траншеями
	Внутренние траншеи	Отдельными траншеями групповыми траншеями общими траншеями парными траншеями крутыми траншеями
	Комбинированные траншеи	Различные сочетания основных способов
Подземные выработки	Горизонтальные выработки	Штольнями туннелями
	Шахтные стволы	Наклонными шахтными стволами вертикальными шахтными стволами

Бестраншейное вскрытие		Вскрывающие выработки отсутствуют
Комбинированное вскрытие	Комбинация траншейного вскрытия с бестраншейным	Бестраншейное вскрытие породных уступов и траншейное добычных траншейное вскрытие породных уступов и бестраншейное добычных траншейное вскрытие породных уступов и шахтными стволами добычных

Выбор систем разработки основан на следующих положениях:

1) установление для конкретных условий максимально возможной по природным и техническим условиям производственной мощности карьера по полезному ископаемому. Максимальная мощность карьера зависит от характера комплексной механизации горных работ, закладываемой в основу расчетов системы разработки. Такие расчеты производятся при проектировании новых и реконструкции действующих карьеров.

2) обеспечение заданной плановой производственной мощности действующего карьера по полезному ископаемому. При расчетах также задаются возможными к применению комплексами оборудования. Задачи этого направления решаются при проектировании карьеров и при техническом обосновании планов добычных и вскрышных работ на действующих предприятиях.

Контрольные вопросы:

1. Какие системы называются сплошными?
2. Какие системы разработки называются углубочными?
3. Охарактеризуйте классификацию систем разработки по направлению перемещения вскрышных пород в отвалы.?

2.3. Элементы и параметры системы разработок

Основными элементами системы разработки являются высота уступа, ширина рабочей площадки, длина блока, длина фронта работ, подвигание фронта работ, уход работ в глубину и способы перемещения фронта работ.

Конструктивно и функционально элементы системы разработки представляют собой следующий вид (рис. 16).

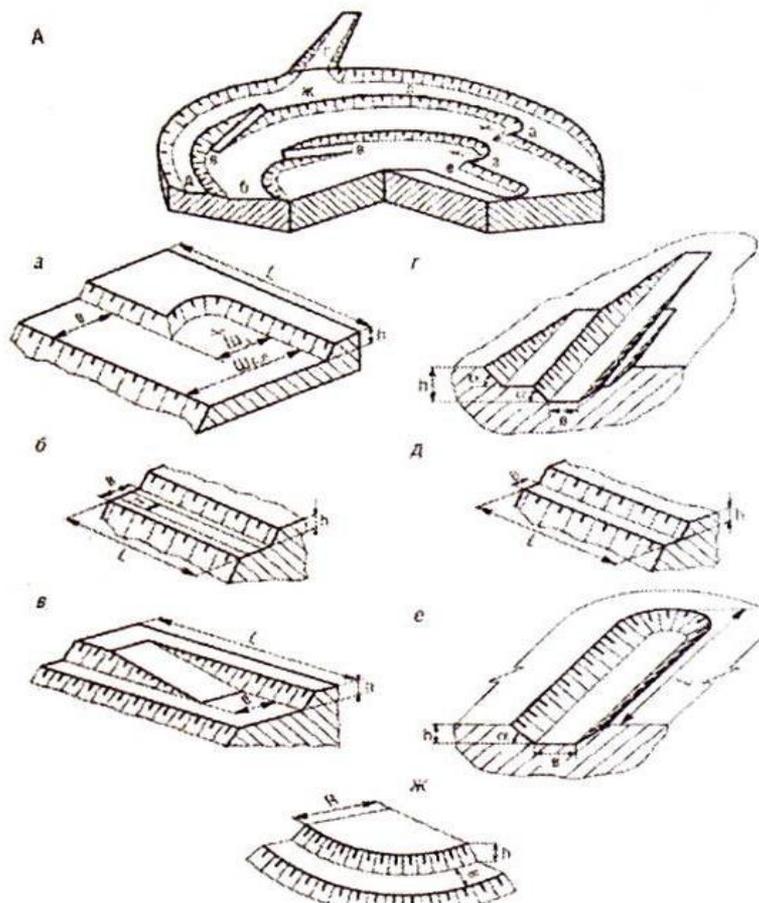


Рис 16. Элементы систем разработки:

а – выемочный (экскавационный) блок; *б* – горизонтальная транспортная берма; *в* – наклонная транспортная берма; *г* – наклонная траншея; *д* – предохранительная и периодической очистки берма; *е* – разрезная траншея; *ж* – закругление.

Выемочный блок – основной, определяющий производительность отдельного технологического потока, элемент системы разработки. Он включает в себя объем готовых к выемке горных пород и рабочую площадку. Форма и геометрические размеры элемента зависят от рода, вида, типа и параметров используемого для разработки горных пород оборудования и технологии горных работ.

Высота блока равна высоте уступа, которая определяется параметрами горной и транспортной техники и технологией разработки с учетом безопасности работ в соответствии с «Едиными правилами безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом».

Высота уступа определяется с учетом безопасности работ, элементов залегания месторождения, физико-механических свойств горных пород, типа горного и транспортного оборудования, способа вскрытия, производственной мощности карьера и др.

Увеличение высоты уступа сокращает число рабочих уступов в карьере, в результате чего уменьшается длина транспортных коммуникаций и снижается стоимость их строительства и содержания; уменьшаются затраты на передвижку забойных путей; повышается производительность экскаваторов и т. д.

Недостатки высоких уступов: возможность возникновения оползней, повышение выхода негабарита и др.

Способ выемки горных пород оказывает влияние на высоту уступа. При раздельной выемке высота уступа небольшая, при валовой выемке она значительно больше. В общем случае высота уступа определяется типом и рабочими размерами экскаваторов.

Распространенная высота уступов на карьерах:

механических лопат 10-15 м, реже 30 м;

драглайнов 10-25 м, реже 30-40 м;

многочерпаковых экскаваторов:

верхнего черпания 10-20 м, реже 30 м;

нижнего черпания 10-30 м, реже 40 м.

Оптимальная высота уступа обеспечивает максимальную производительность экскаваторов и минимальные затраты на буровзрывные и путевые работы.

Высоту уступа h , в зависимости от рабочих размеров экскаватора и организации взрывных работ, приближенно определяют по формуле

$$h = 0,7a \sqrt{\frac{\sin \alpha \sin \beta}{k\eta'(1+\eta')\sin(\alpha - \beta)}}, \text{ м}$$

где $a = 0,8(R_q + R_p)$ – ширина развала горной породы после взрыва, м;

R_q – радиус черпания, м;

R_p – радиус разгрузки экскаватора, м;

β – угол откоса развала взорванной горной породы, град;

α – угол откоса уступа, град;

k – коэффициент разрыхления горной породы;

η' – отношение линии наименьшего сопротивления первого ряда скважин к высоте уступа (0,55 ... 0,70);

η'' – отношение расстояния между рядами скважин к линии наименьшего сопротивления (0,75 ... 0,85).

Высоту уступа обычно устанавливают опытным путем. Ширину рабочей площадки уступа устанавливают с учетом физико-механических свойств горных пород, размеров экскаватора и вида транспорта (рис. 17).

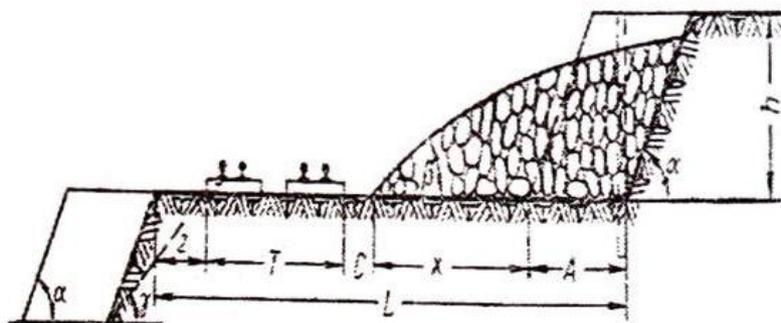


Рис. 17. Схема к определению ширины рабочей площадки

При разработке горных пород, требующих предварительного рыхления, минимальная ширина рабочей площадки определяется по формуле

$$L = z + T + c + X + A, \text{ м,}$$

где z - ширина призмы обрушения, м;

T – ширина транспортной полосы, м;

$c = 2$ м – расстояние между бровкой развала и транспортной полосой, м;

X – величина развала породы после взрыва, м;

A – ширина заходки по целику, м.

Ширина блока определяется величиной бермы безопасности, шириной резервной полосы, транспортных коммуникаций, зазора безопасности между транспортной полосой и нижней бровкой развала, величиной развала и шириной заходки выемочно-погрузочной машины по целику. В крепких породах ширина заходки по целику устанавливается в зависимости от технологии подготовки горных пород к выемке, которая принимается для обеспечения экскавационной машине необходимой степени дробления, разрыхления породы и высоты развала. Общая ширина развала принимается кратной ширине заходки экскаватора на уровне стояния.

Длина блока определяется эффективностью работы экскавационной машины с учетом транспортного обслуживания всех блоков по длине фронта работ. Основная форма выемочного блока в плане прямоугольная. При необходимости по природным условиям вписывания в криволинейный контур блок по длине делится на три части со стыковкой частей элементов по оси транспортной полосы рабочей площадки.

В паспорте выемочного блока даны следующие параметры: размеры поперечного сечения, площадь в плане, длина трассы транспорта, производительность экскавационной машины, состав и количество вспомогательных машин и оборудования.

Горизонтальная транспортная берма – элемент системы разработки, предназначенный для транспортного обслуживания технологического потока в карьере. Он состоит из площадки для размещения транспортных коммуникации с обустройством (согласно правилам технической эксплуатации), бермы безопасности и откоса массива вышележащего горизонта.

Ширина элемента транспортной бермы определяется принятым для транспортного обслуживания технологического потока типом транспортных средств, организацией движения, технологией и механизацией ее обслуживания (удаление просыпи с транспортных средств, осыпи с откоса, снега).

Длина элемента транспортной бермы устанавливается пропорционально элементам транспортного пути (длине става конвейера, расстоянию между опорами контактной линии и пр.), но не менее длины тормозного пути или разгона для достижения установленной скорости движения транспортного средства. Угол откоса бермы в зависимости от свойств массива и технологии заоткоски принимается от 50 до 80 градусов. Высота откоса бермы соответствует высоте рабочих горизонтов.

В паспорт горизонтальной транспортной бермы помимо линейных размеров входят: площадь в плане, длина трассы, допустимая скорость транспортных средств, длина коммуникаций. Наклонная транспортная берма представляет собой транспортную берму, но в профиле с уклоном, соответствующим виду транспорта. Ширина наклонной транспортной бермы аналогична горизонтальной.

В паспорте элемента указываются данные, аналогичные элементу горизонтальной транспортной бермы.

Наклонная траншея – элемент, предназначенный для ввода в карьер транспортного потока на определенную глубину. Ее форма в разрезе и параметры определяются глубиной заложения траншеи, принятыми углами откосов бортов, количеством обслуживаемых горизонтов с односторонним или двухсторонним примыканием и количеством путей. Уклон траншеи в продольном направлении и ее план принят аналогично наклонной транспортной берме.

Предохранительная и периодической очистки бермы — элементы системы разработки, входящие в конструкцию борта карьера в конечном положении. Функционально предназначены для задержания и накопления осыпающейся породы с поверхности откосов борта карьера и периодической их очистки средствами механизации. В сечении они повторяют форму транспортной бермы, отличаясь от нее в первом случае отсутствием транспортной полосы, во втором ее наличием, но в минимальных размерах, обеспечивающих проход бульдозера или грейдера для штабелирования накапливаемой породы на площадке и возможность ее погрузки погрузчиком или сброса на нижележащую транспортную или аналогичную берму.

Высота откоса бермы соответствует высоте рабочих горизонтов, но на практике для увеличения угла откоса борта карьера они сдваиваются или страиваются, достигая в настоящее время на глубоких карьерах 60 м. Угол откоса, как и в транспортной берме, принимается в зависимости от свойств массива горных пород и технологии отстройки откоса от 50 до 80 градусов. В продольном профиле бермы горизонтальны или для обеспечения постоянного расстояния по высоте от транспортной бермы — с уклоном, принятым для транспортной бермы. Конструкция борта карьера с наклонными бермами позволяет увеличить угол откоса борта карьера.

Разрезная траншея — элемент, функциональное назначение которого создание рабочего пространства для высокопроизводительной работы оборудования в выемочном блоке и обеспечение его транспортного обслуживания. Форма в плане прямоугольная, квадратная или в виде сектора. Длина соответствует величине подготавливаемого с ее помощью выемочного блока.

Ширина по дну принимается минимальной, соответствующей технологии ее проведения, и максимальной, обеспечивающей в начале эксплуатации выемочного блока пространство для размещения развала, транспортной полосы и бермы безопасности. Высота соответствует высоте вскрываемого с помощью разрезной траншеи горизонта, т.е. высоте

выемочного блока. Вскрытые запасы — элемент системы разработки, функциональное назначение которого обеспечение надежности работы карьера.

Ширина, длина и высота элемента принимается равной или кратной размерам выемочного блока. Учитывая, что правилами эксплуатации месторождений открытым способом предусматривается трехмесячный запас, то количество элементов в добычной зоне должно соответствовать этой величине.

Выработанное пространство — элемент системы при разработке горизонтальных и пологопадающих залежей, который образуется в результате производства вскрышных и добычных работ. Используется для размещения вскрышных пород отвалов.

Закругление — элемент, аналогичный горизонтальной транспортной берме, предназначен для стыковки элементов, требующих соединения между собой под углом, но отличается наличием кривизны в одну или другую сторону.

Площадка примыкания — элемент, предназначенный для связи транспортных коммуникаций горизонта с путями трассы наклонной транспортной бермы. По форме в разрезе, плане и профиле аналогичен горизонтальной транспортной берме, но отличается от нее функциональной предназначенностью, которая и определяет ее параметры. На площадке происходит соединение транспортных средств грузопотока по трассе наклонной траншеи с нижележащих горизонтов с грузопотоком вышележащего горизонта.

Длина принимается равной длине поезда с учетом резерва на неточность установки поезда. При автомобильном транспорте на площадке предусматривается место для остановки самосвалов во время пропуска идущих на подъем груженых автосамосвалов. Ее длина в этом случае равна длине тормозного пути. При конвейерном транспорте на площадке примыкания располагаются перегрузочные устройства с забойного или сборочного конвейера на подъемный.

Площадка примыкания для каждого вида транспорта принимается в трех вариантах: без уклона в продольном

направлении, с уклоном, принятым для трассы на наклонной транспортной берме, и со смягченным уклоном.

Площадка петли предназначена для соединения элементов транспортной бермы в местах изменения направления трассы транспортных коммуникаций. Используется в основном при автомобильном транспорте. В плане петля имеет округлую форму с правым или левым разворотом на 270 или 360° при минимальном и смягченном радиусах по оси транспортной полосы.

Площадка тупика предназначена для размещения железнодорожных путей тупиковой трассы шириной, достаточной для размещения тупика при однопутевой или двухпутевой трассе. По длине она соответствует длине тупика. При проектировании карьера и в производственных условиях при составлении плана горных работ для обеспечения безопасности и эффективности производства составляются паспорта каждого элемента системы разработки с указанием его параметров в конкретных горнотехнических условиях (рис.18).

Основными параметрами системы разработки являются: геометрические и параметрические показатели элементов, параметры основного и вспомогательного горного и транспортного оборудования. Основными показателями системы разработки являются: энергопоглощение ($\text{Дж}/\text{м}^3$), скорость подвигания забоев ($\text{м}/\text{мес}$), скорость подвигания фронта работ ($\text{м}/\text{год}$), скорость углубки карьера ($\text{м}/\text{год}$), величина рабочей зоны карьера в профиле (м) и в плане (м^2), производительность единицы длины или площади, потери и разубоживание полезного ископаемого (%).

Скорость углубления зависит от времени проведения разрезных траншей на вскрываемом горизонте.

Подвигание фронта работ на пологих место рождениях одностороннее, на крутых двух стороннее (рис. 19). Величина рабочей зоны на горизонтальных и пологих месторождениях постоянна, на наклонных и крутопадающих изменяется по мере углубления горных работ. Скорость углубления зависит от

времени проведения разрезных траншей на вскрываемом горизонте. Подвигание фронта работ на пологих месторождениях одностороннее, на крутых двухстороннее (рис.19). Величина рабочей зоны на горизонтальных и пологих месторождениях постоянна, на наклонных и крутопадающих изменяется по мере углубления горных работ.

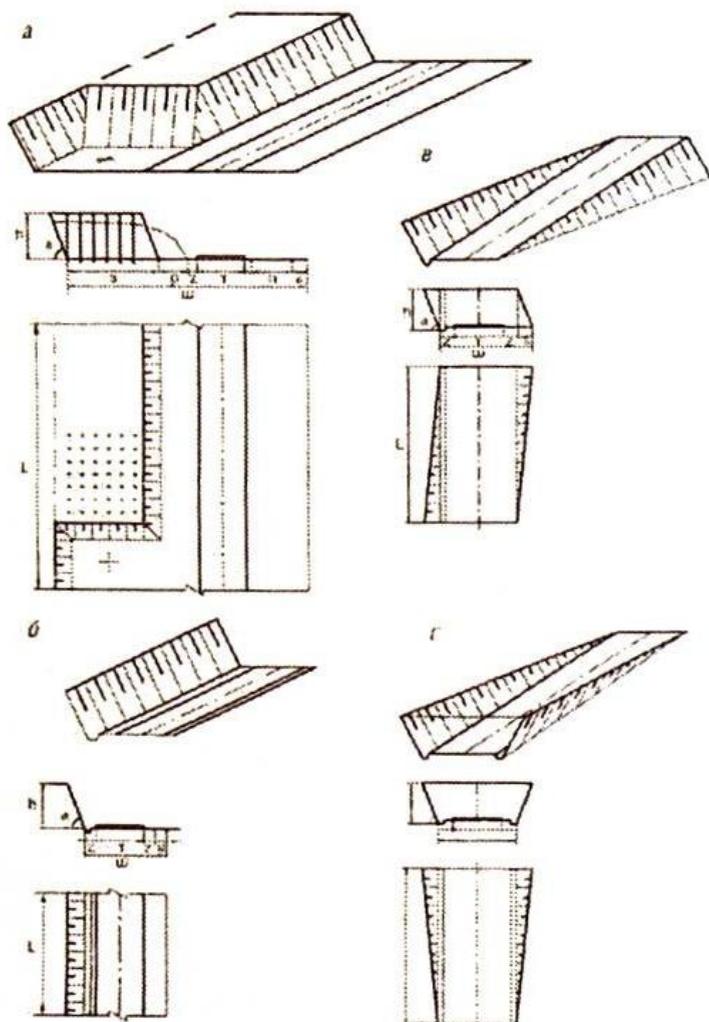


Рис 18. Паспорта элементов систем разработки:

а – выемочный (экскавационный) блок, б – горизонтальная транспортная берма, в – наклонная транспортная берма, г – наклонная траншея.

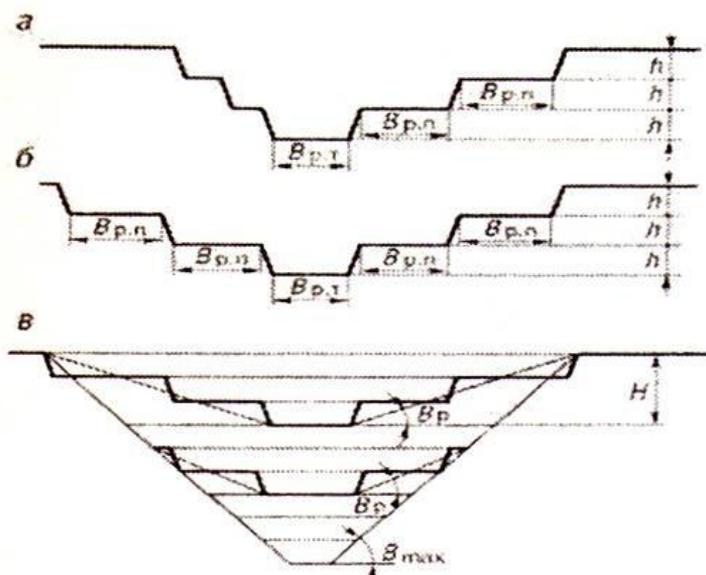


Рис 19. Подвигание фронта работ:

а – одностороннее, б – двухстороннее, в – величина рабочей зоны

Длина блока и фронта работ. Длина блока определяется условиями залегания месторождения, а чаще – организационно-техническими условиями, шлавным образом интенсивностью разработки, высотой уступа и возможностью бесперебойного обеспечения забоев транспортом. Длину блоков при железнодорожном транспорте принимают в мягких породах не менее 200-400м, в скальных 300-500м. При автомобильном транспорте и ленточных конвейерах длина блоков может быть 100-250м.

Количество блоков на одном уступе при железнодорожном транспорте по условиям транспортнообменных операций обычно не превышает 3, при автомобильном транспорте оно может достигать 5-6.

Сумма вскрышного и добычного фронтов составляет фронт работ карьера. Вскрышной фронт работ карьера – сумма длин фронтов вскрышных уступов карьера, а добычной – сумма длин фронтов добычных уступов.

Фронт вскрышных и добычных работ карьера в процессе разработки месторождения непрерывно перемещается к его проектным контурам с одинаковой скоростью.

Скорость подвигания фронта работ характеризует интенсивность разработки месторождения. Она зависит от мощности залежи полезного ископаемого, степени механизации, производственной мощности карьера и организации работ. Скорость подвигания фронта на современных карьерах изменяется от 40 до 550 м/год и более.

Перемещение фронта работ может быть параллельным, веерным и смешанным (рис.20).

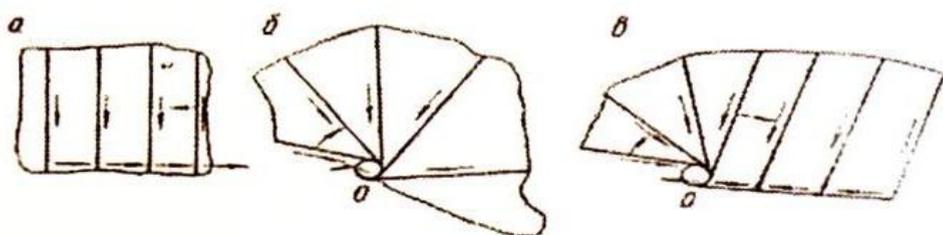


Рис. 20. Схемы перемещения фронта работ:
а – параллельное; б – веерное; в – смешанное.

Параллельное перемещение (рис. 20, а) достигается при отработке уступов заходками постоянной ширины. Здесь площадки уступов в плане имеют форму прямоугольников. Примыкание забойных путей к путям капитальной траншеи производится с помощью соединительных площадок, оставляемых на нерабочем борту карьера.

Существенным недостатком параллельного перемещения фронта является сложность переукладки криволинейных участков рельсовых путей.

При веерном перемещении фронта (рис. 20, б) площадки уступов имеют в плане форму треугольников, образуемых постепенным поворотом прямолинейного фронта работ относительно точки О, которая размещается в контуре карьера и называется поворотным пунктом. В этой же точке происходит

примыкание забойных путей к путям капитальной траншеи. Соединительные площадки в этом случае исключаются. Этот способ перемещения фронта встречается обычно при работе многочерпаковых экскаваторов.

С целью увеличения площади вскрытого полезного-ископаемого поворотный пункт выносят за контур карьера (рис.20, е). В этом случае вскрытое полезное ископаемое в плане приобретает форму трапеции, что увеличивает его площадь по сравнению с треугольной формой. Однако здесь необходимы соединительные площадки и разнос бортов для их примыкания к траншее. Смешанное перемещение фронта (рис. 20, в) представляет собой сочетание двух первых способов; одну часть карьерного поля разрабатывают с параллельным подвиганием, а другую – с веерным. В этом случае летом добывают ископаемое с площади, имеющей в плане форму треугольника, и вскрывают для разработки зимой площадь ископаемого, имеющую в плане форму неправильного четырехугольника.

Выбор способа перемещения фронта работ обусловлен многими факторами, важнейшими из которых являются: условия залегания месторождения, физико-механические свойства породы, тип оборудования.

Контрольные вопросы:

1. Скорость подвергания работ это?
2. Что называются элементами системы разработки?
3. Перечислите параметры системы разработки?
4. Дайте определение термину подвигание фронта работ.

2.4. Разработка горизонтальных и пологопадающих месторождений. Элементы систем разработки с постоянным положением рабочей зоны

При разработке горизонтальных и пологих залежей возможно внутреннее расположение породных отвалов. В случае неглубокого залегания породы на внутренние отвалы

переваливают вскрышными, экскаваторами непосредственно или при помощи консольных отвалообразователей или транспортно-отвальных мостов; при более глубоком залегании породы на отвал перевозят. В первом случае капитальные траншеи к породным забоям не проводят, а во втором они имеют небольшую протяженность.

Таблица

Вариант технологии	Схема
С перевалкой вскрыши в выработанное пространство	
С кратной перевалкой породы в отвалы одноковшовыми экскаваторами	
С перемещением породы в выработанное пространство консольным отвалообразователем	
С перемещением породы в выработанное пространство транспортно-отвальным мостом	
С перевозкой пород во внутренние отвалы	
С перевозкой породы во внешние отвалы	
С перевозкой породы во внутренние и внешние отвалы	
С перевалкой породы во внутренний отвал и перевозкой во внешние отвалы	

С перемещением пород в выработанное пространство отвалообразователем и перевозкой автомобильным транспортом



Поперечные размеры карьера и мощность обрабатываемой вскрыши при перемещении пород непосредственно экскаваторами в образующееся выработанное пространство ограничиваются линейными размерами рабочего оборудования. Поэтому эту группу систем разработки целесообразно рассматривать в зависимости от вида применяемого вскрышного оборудования:

- 1) разработка с непосредственной перевалкой породы в выработанное пространство;
- 2) разработка с кратной перевалкой породы на отвале;
- 3) разработка с перемещением пород консольным отвалообразователем;
- 4) разработка с перемещением пород транспортно-отвальным мостом;
- 5) разработка с перевозкой вскрыши во внутренние отвалы;
- 6) разработка с перевозкой вскрыши на внешние отвалы;
- 7) разработка с перевозкой вскрыши на внутренние и внешние отвалы;
- 8) разработка с перевалкой и перевозкой породы в выработанное пространство;
- 9) разработка с перевалкой породы во внутренний отвал (непосредственная или кратная) и перевозкой на внешние отвалы.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите элементы систем разработки с постоянным положением рабочей зоны.
2. Как образуется выработанное пространство при разработка горизонтальных и пологопадающих месторождений?

2.5. Бестранспортная система разработки

Геологические условия горизонтальных и пологих пластообразных месторождений позволяют полностью или частично использовать выработанное пространство для размещения пород вскрыши. Мощность пласта полезного ископаемого и вскрыши, рабочие параметры вскрышного оборудования и технология добычных работ определяют систему разработки и технологию вскрышных работ. По классификации системы разработки горизонтальных и пологих пластовых месторождений относятся к бестранспортной, транспортно отвальной и комбинированной.

Технология вскрышных работ с перевалкой вскрыши в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами. Для производства работ по этой технологии применяются вскрышные экскаваторы с большими рабочими параметрами: механические лопаты и драглайны.

Механическая лопата находится на кровле пласта полезного ископаемого и разрабатывает всю толщу покрывающих пород одним уступом (рис. 21). На кровле добычного уступа оставляется слой породы для предохранения от выветривания полезного ископаемого и потери его качеств. После зачистки пласта полезное ископаемое вынимают одноковшовыми экскаваторами, как правило с верхней погрузкой. Расчет параметров технологии заключается в определении рабочих параметров вскрышных экскаваторов для конкретной мощности покрывающих пород в зависимости от ширины заходки экскаватора B , мощности пласта полезного ископаемого h , углов откосов уступов α и отвала β . Максимальная ширина заходки механической лопаты при перевалке вскрыши в выработанное пространство $B_{\max} = 1,7 R_{\text{ч.у}}$

Минимальная $B_{\min} = 0,5 c_x + R_{\text{ч.у}}$

где $R_{\text{ч.у}}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния,
 c_x – ширина хода экскаватора.

В основу расчета положено условие равенства объемов вскрышной заходки V_1 на единицу подвигания и породы в отвале V_2 . Объем породы на единицу подвигания вскрышной заходки (м^3)

$$V_1 = BH_{кр},$$

где H – мощность вскрыши, м;

k_p – коэффициент разрыхления породы.

Объем отвала на единицу длины фронта горных работ (м)

$$V_2 = BH_0 - 0,25 B^2 \text{tg}\beta,$$

где H_0 – высота отвала, м;

β – угол откоса отвала, градус.

Для размещения породы в отвале необходимо, чтобы $V_1 = V_2$, т.е.

$$BH_{кр} = BH_0 - 0,25 B^2 \text{tg}\beta.$$

Отсюда высота отвала (м)

$$H_0 = Hk_p + 0,25 B \text{tg}\beta.$$

Высота разгрузки экскаватора

$$h_p \geq H_0 - h \text{ или } h_p = Hk_p + 0,25 B \text{tg}\beta - h.$$

Радиус разгрузки экскаватора

$$R_p \geq c + h \text{ctg}\alpha + z + H_0 \text{ctg}\beta,$$

где c – расстояние от оси вскрышного экскаватора до верхней бровки уступа полезного ископаемого, м;

z – ширина свободного выработанного пространства, м.

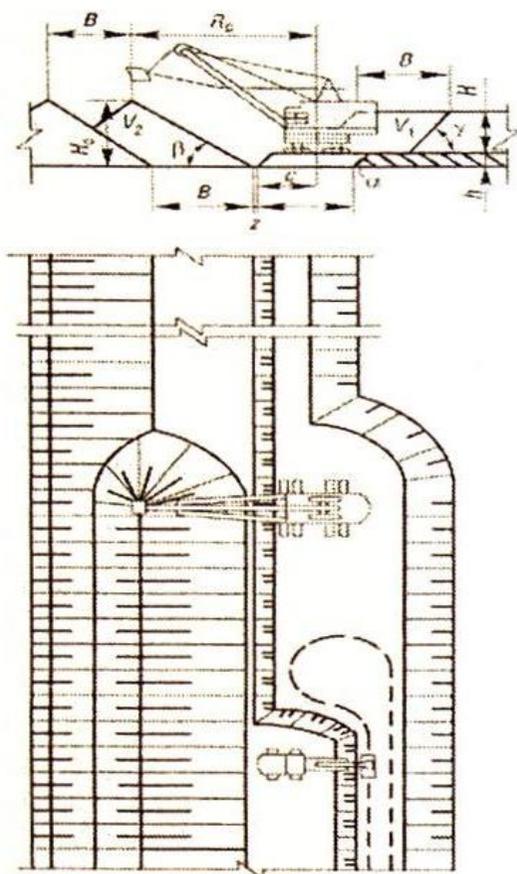


Рис. 21. Технологическая схема разработки с перевалкой вскрыши в выработанное пространство механической лопатой

При решении обратной задачи определяется возможная мощность вскрыши, обрабатываемая в конкретных условиях вскрышным экскаватором:

- ◆ с учетом высоты разгрузки экскаватора h_p

$$H_{\text{вск}} \leq \frac{h_p - 0,25 B \tan \beta + h}{k_p}$$

- ◆ с учетом радиуса разгрузки экскаватора

$$H_{\text{max}} \leq \frac{R_p - (c + h \operatorname{ctg} \alpha + z + 0,25B)}{k_p \operatorname{ctg} \beta}$$

В окончательном виде принимается минимальное значение. При конструировании технологической схемы для возможности применения на вскрышных работах экскаваторов с меньшими рабочими параметрами следует стремиться к уменьшению ширины свободного выработанного пространства, увеличению угла откоса внутреннего отвала и расстояния от оси вскрышного экскаватора до верхней бровки уступа полезного ископаемого. Минимальная ширина свободного выработанного пространства определяется параметрами канавы для отвода воды из карьера, которая прокладывается вдоль добычного уступа с уклоном в сторону зумпфа. Уменьшению ширины свободного выработанного пространства способствует размещение транспортных коммуникаций для доставки полезного ископаемого на кровле пласта. Увеличению угла откоса внутреннего отвала способствует применение в основании отвала эффективного дренажа. Для этой цели в основании отвала в сторону канавы укладывают дренажные трубы.

Драглайн при производстве вскрышных работ может располагаться на кровле вскрышного уступа (рис. 22а) или на промежуточном горизонте (рис. 22б). В первом случае достигается его максимальная производительность, но, находясь на большом расстоянии от выработанного пространства, он должен иметь большие рабочие параметры.

При расположении на промежуточном горизонте часть вскрышных пород в забое драглайн черпает выше уровня стояния, что при разработке трудно экскавируемых пород снижает его производительность. Однако в этом случае он находится ближе к отвалу и может иметь меньшие рабочие параметры.

Расчет параметров технологии производится с учетом тех же условий, что и при применении механической лопаты. Необходимая высота отвала (м) по условию размещения вскрыши в выработанном пространстве

$$H_0 = Hk_p + 0,25B \operatorname{tg}\beta \text{ или}$$

$$H_0 = \frac{R_p - (b + H \operatorname{ctg}\gamma + a + h \operatorname{ctg}\alpha + z)}{\operatorname{ctg}\beta}$$

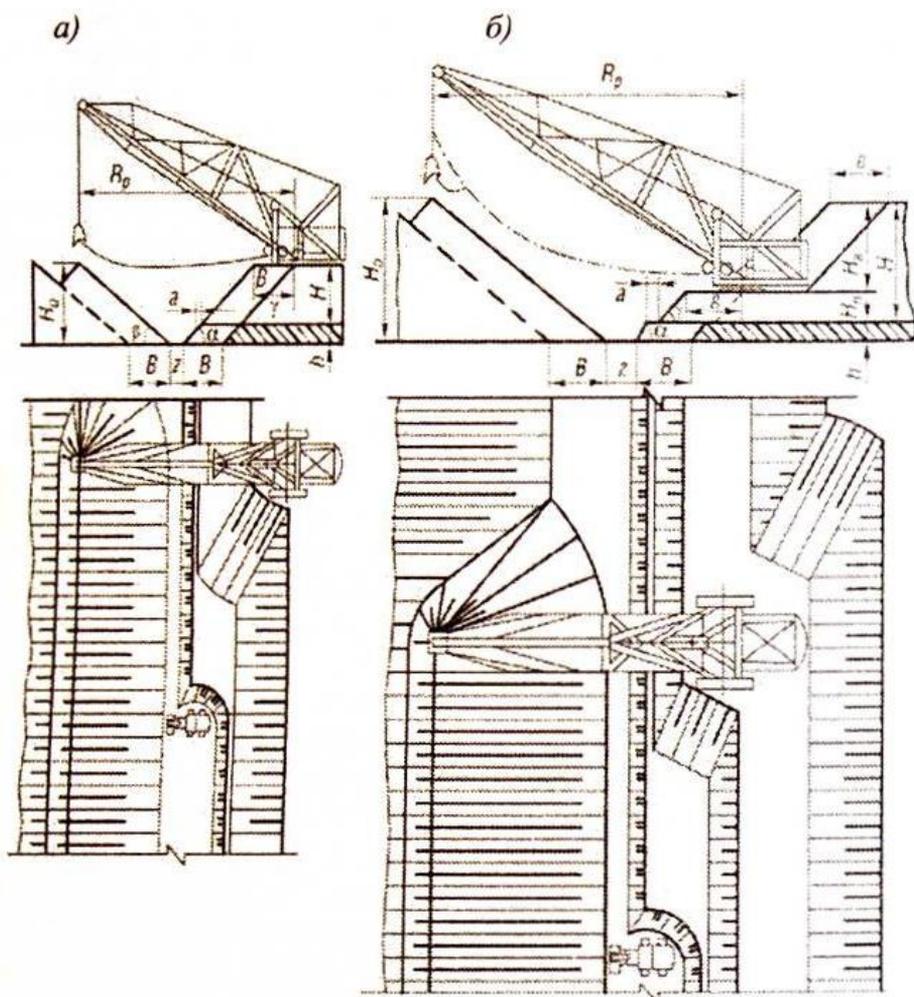


Рис 22. Технологическая схема разработки с перевалкой вскрыши в выработанное пространство драглайном:
а) на вскрышном; б) промежуточном горизонтах.

Нормальная ширина заходки драглайна

$$B = 1,4 R_{\text{ч}},$$

где $R_{\text{ч}}$ – радиус черпания экскаватора.

Необходимая высота разгрузки драглайна (м)

$$h_p \geq H_0 - h - H \text{ или } h_p = 0,25 B \text{tg}\beta - h + H(k_p - 1).$$

Радиус разгрузки драглайна (м)

$$R_p \geq b + H \text{ctg}\gamma + a + h \text{ctg}\alpha + z + H_0 \text{ctg}\beta,$$

где b – расстояние от оси вскрышного драглайна до верхней бровки породного уступа;

γ – угол устойчивого откоса породного уступа, градус;

a – ширина площадки, м.

В случае расположения драглайна на промежуточном горизонте вначале рассчитывается высота нижнего вскрышного подустапа по условию размещения пород вскрыши в выработанном пространстве (м):

$$H_{\text{н}} = H_0 - h - h_p = H_{\text{кр}} + 0,25 B \text{tg}\beta - h - h_p.$$

Высота верхнего вскрышного подустапа (м)

$$H_{\text{в}} = H - H_{\text{н}},$$

она принимается не более 0,5 – 0,7 высоты разгрузки экскаватора h_p

Максимальная мощность вскрыши (м), обрабатывается драглайном по схеме

$$H_{\text{max}} = \frac{R_{\text{ч}} - (b + a + z + h \text{ctg}\alpha + 0,25 B) + H_{\text{н}} \text{ctg}\gamma}{k_p \text{ctg}\beta + \text{ctg}\gamma}$$

В простых условиях один драглайн может работать, поочередно производя вскрышные и добычные работы, размещая вскрышу в выработанном пространстве, а полезное ископаемое в средства транспорта (схема экскаватор-карьер (рис.23)).

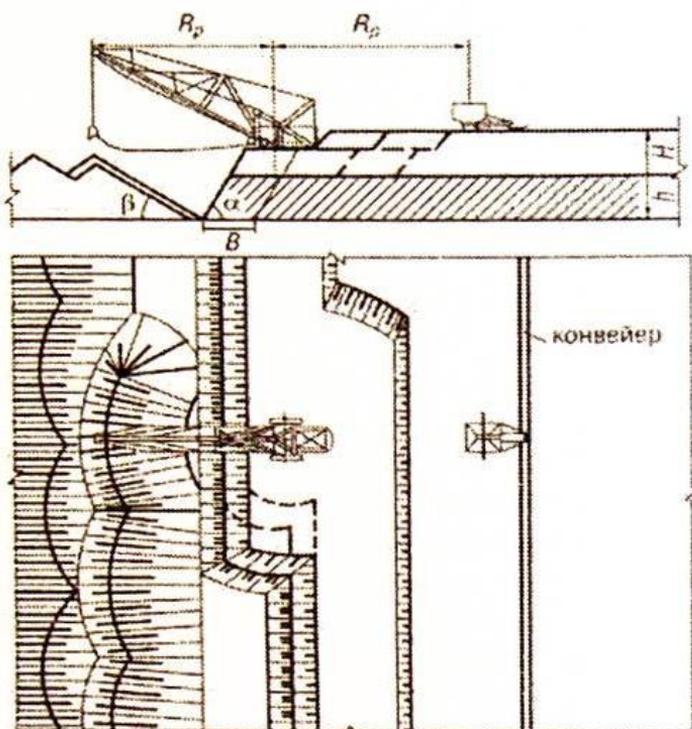


Рис 23 Технологическая схема «экскаватор-карьер»

При расположении драглайна на подступе, а именно на почве плодородного слоя, появляется возможность совмещения вскрышных и добычных работ с первым этапом рекультивации поверхности выработанного пространства перемещения плодородного слоя земли на поверхность внутреннего отвала.

Траншейная технология.

Для отработки тонких пластов угля и мощности покрывающих пород, не превышающей глубину черпания драглайна, применяется технология разработки с размещением

вскрыши на бортах разрезных граншей. Граншеи в пределах карьерного поля проводятся параллельно на расстоянии достаточном для выемки угля под вскрышей из этих граншей шнекобуровыми машинами или комбайнами (рис.24). Уголь из траншеи драглайном

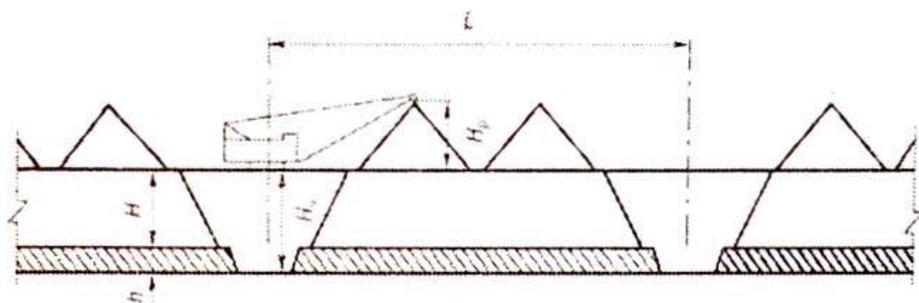


Рис. 24. Траншейная технология вскрышных работ в средства транспорта

Ширина траншеи определяется габаритами шнекобуровых машин и их транспортным обслуживанием и составляет 15–20 м. Глубина выемки угля выбуриванием шнекобуровыми машинами 60 м, комбайнами 200 м, следовательно, расстояние между траншеями составляет двойную величину этих параметров. Отвалы вскрыши при проведении траншей располагаются на поверхности по обе стороны траншеи. Расчет параметров этой технологии заключается в выборе драглайна с параметрами по глубине черпания, отвечающими глубине залегания пласта угля. Система разработки с использованием выемки угля из открытых горных выработок выбуриванием связана с потерями угля в недрах, которые составляют при шнекобуровой выемке 35–50%, при комбайновой выемке – 20–30%.

Селективная экскавация вскрышных пород. При наличии во вскрышной толще агрессивных, самовозгорающихся на воздухе или радиоактивных горных пород для охраны окружающей среды применяют специальные технологические схемы производства вскрышных работ драглайнами для изоляции этих

пород в отвалах. В зависимости от положения агрессивных пород в покрывающей толще месторождения разделяют на три основных типа:

- к первому типу относятся месторождения, где агрессивные породы расположены в верхней части вскрыши и имеют выход на дневную поверхность;

- второй тип предполагает внутреннее расположение агрессивных пород, которые изолированы инертными породами как от дневной поверхности, так и от полезного ископаемого;

- в месторождениях третьего типа агрессивные породы залегают непосредственно над пластом полезного ископаемого.

Технология вскрышных работ в данном случае предусматривает послойную экскавацию забоя с помещением агрессивных пород в основание отвала с односторонней или полной изоляцией их инертными породами (рис. 25). Для предохранения от самовозгорания достаточен слой пластичных или сыпучих пород толщиной 0,5–1,5 м, полускальных пород толщиной 2–3 м, а для изоляции радиоактивных пород достаточен слой толщиной 0,6–1 м.

Технология вскрышных работ с перевалкой вскрыши в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами возможна при крепких горных породах, покрывающих полезное ископаемое. В этом случае параметры буровзрывных работ рассчитываются из условия необходимой степени дробления массива для обеспечения эффективной работы экскаватора и возможности размещения развала горной массы внутри экскаваторной заходки с минимальным развалом в сторону выработанного пространства (см. рис. 26).

Перемещение горных пород силой взрыва. Применение взрывного разрушения массива горных пород позволяет использовать в этой технологии силу взрыва для перемещения части горной породы (А) (рис. 27) в выработанное пространство.

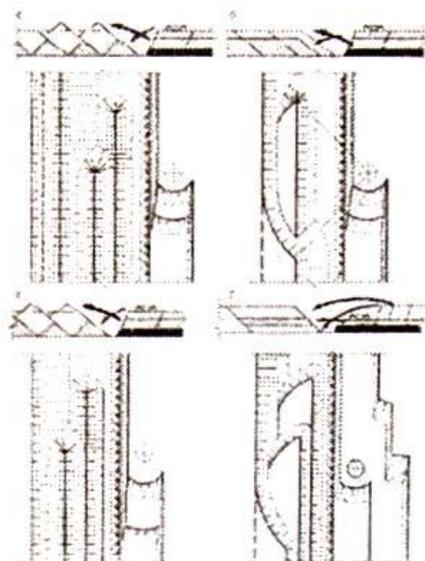


Рис. 25. Технологические схемы вскрышных работ с изоляцией агрессивных пород в отвале: *а и б – при расположении агрессивных пород по поверхности вскрышного массива; в и г – то же, в глубине вскрышного массива*

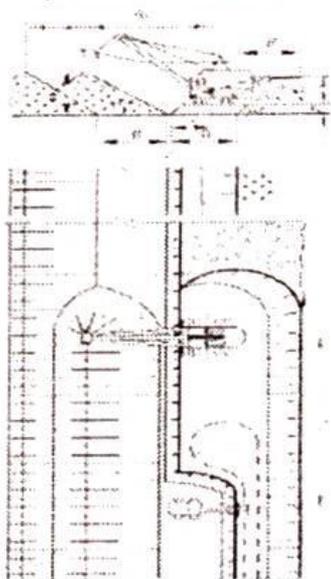


Рис.26. Технология вскрышных работ в крепких горных породах с перевалкой вскрыши в выработанное пространство механической лопатой.

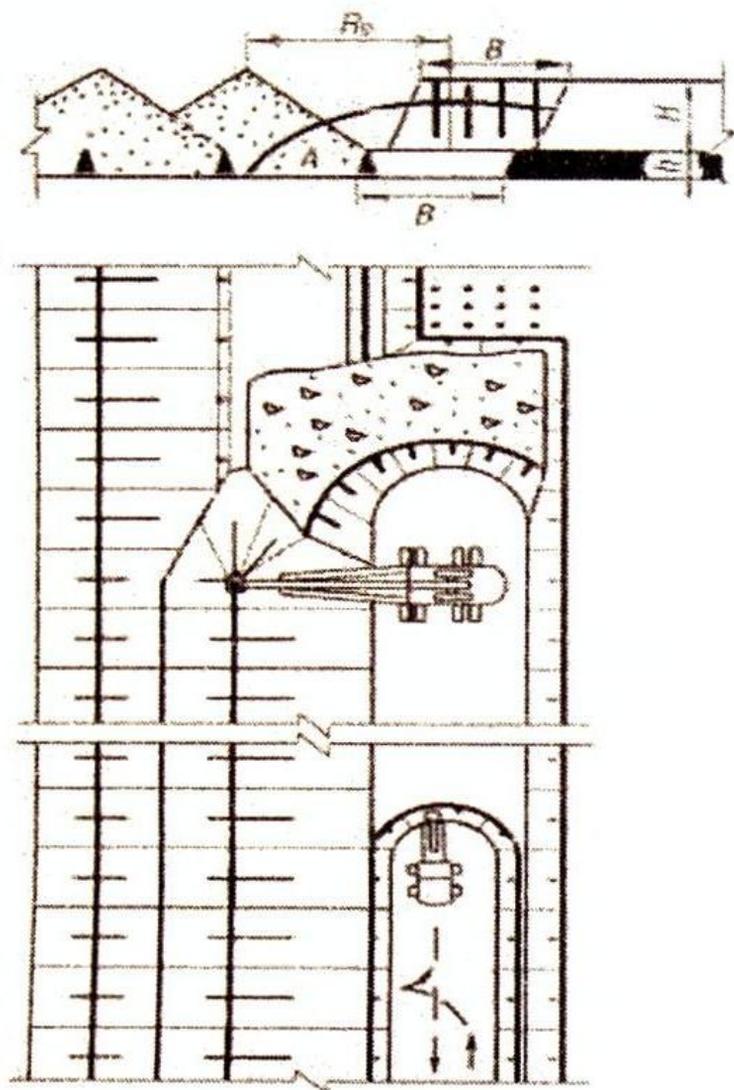


Рис. 27. Использование силы взрыва для перемещения части (А) горной породы в выработанное пространство

Однако применение для экскавации взорванной горной массы механической лопаты ведет к некоторым потерям полезного ископаемого в целике между отвалом и заходкой добычного экскаватора, поэтому эта технология эффективна при

пластах полезного ископаемого небольшой мощности. Исключаются потери полезного ископаемого при использовании в этой технологии драглайна. Он располагается ближе к выработанному пространству, что создает возможность экскавации взорванной горной массы, очистки необходимого пространства между пластом полезного ископаемого и отвалом и размещения в выработанном пространстве большего объема вскрыши.

Если вскрышной уступ сверху сложен мягкими четвертичными отложениями и крепкими – в нижней части, то драглайн располагается на подступе между мягкими и крепкими горными породами. Экскавация мягких горных пород производится во время производства в массиве крепких горных пород буровзрывных работ с перемещением вскрыши внутрь выработанного пространства (А) или на поверхность откоса уступа (Б) для создания пригрузки массива для повышения степени дробления горных пород (рис. 28).

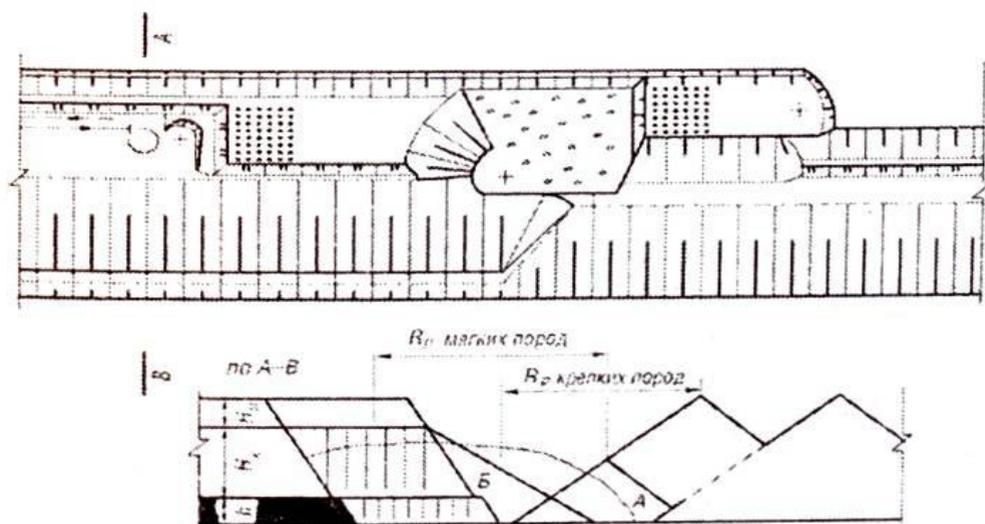


Рис. 28. Технология вскрышных работ в разнопрочных породах с перевалкой вскрыши в выработанное пространство драглайном драглайнов.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные параметры выемочно-погрузочных машин.
2. С какой целью вскрышные породы разгружаются в отвалах?
3. В чем принцип работы работы механической лопаты на забое?
4. Объясните сущность технологии вскрышных работ с кратной перевалкой породы.

2.6. Технология вскрышных работ с перевалкой и перезкискавацией вскрыши в выработанном пространстве одноковшовыми экскаваторами

Для увеличения использования объема выработанного пространства применяют пере экскавацию породы во внутреннем отвале с помощью

Это позволяет обрабатывать большую высоту вскрышного уступа с перемещением вскрыши в выработанное пространство. Из многих вариантов этой технологии типичными являются пять (рис. 29):

◆ разработка и перемещение вскрыши механической лопатой в выработанное пространство с засыпкой части пласта полезного ископаемого и ее перезкискавация драглайном во внутреннем отвале (а);

◆ разработка и перемещение вскрыши драглайном в выработанное пространство с засыпкой части пласта полезного ископаемого и ее перезкискавация драглайном внутри отвала (б);

◆ перезкискавация в выработанном пространстве вскрыши от предыдущей заходки и разработка забоя с перемещением вскрыши в отвал механической лопатой или драглайном без засыпки добычного уступа (в);

◆ разработка части вскрышного уступа с перемещением вскрыши в выработанное пространство драглайном и одновременная разработка оставшейся части вскрыши в забое и ее перезкискавация другим драглайном внутри отвала (г);

◆ разработка, перемещение и перезкискавация вскрыши в выработанное пространство одним драглайном (д).

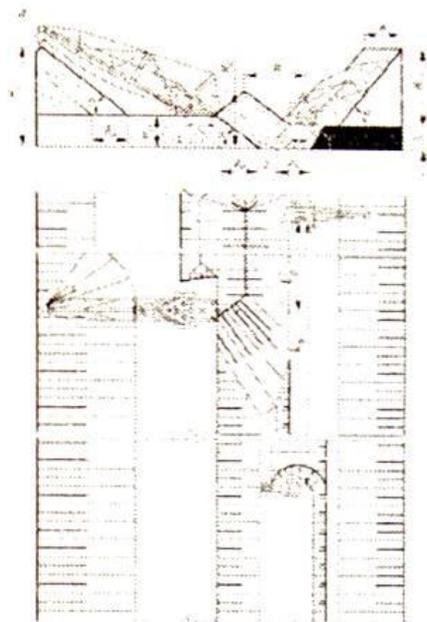


Рис. 29а. Вариант технологии вскрышных работ с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами (а)

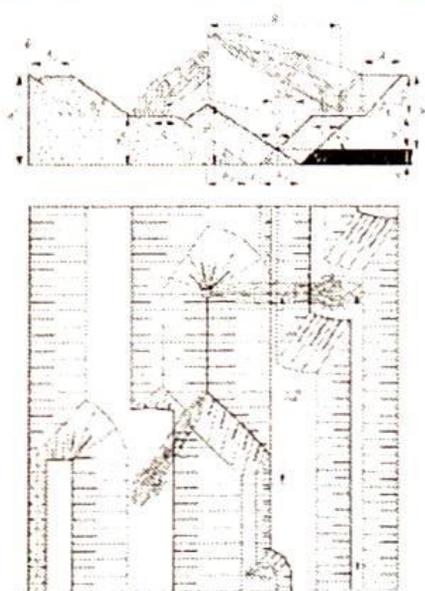


Рис. 29б. Вариант технологии вскрышных работ с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами (б)

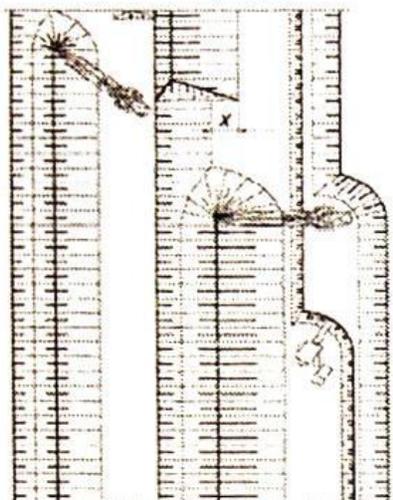
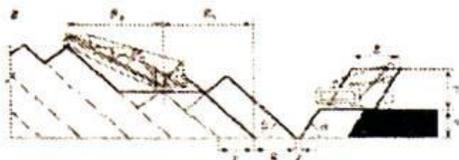


Рис. 29в. Вариант технологии вскрышных работ с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами (в).

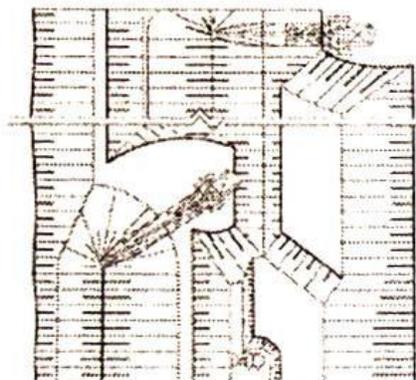
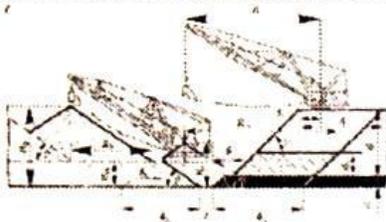


Рис. 29г. Вариант технологии вскрышных работ с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами (г).

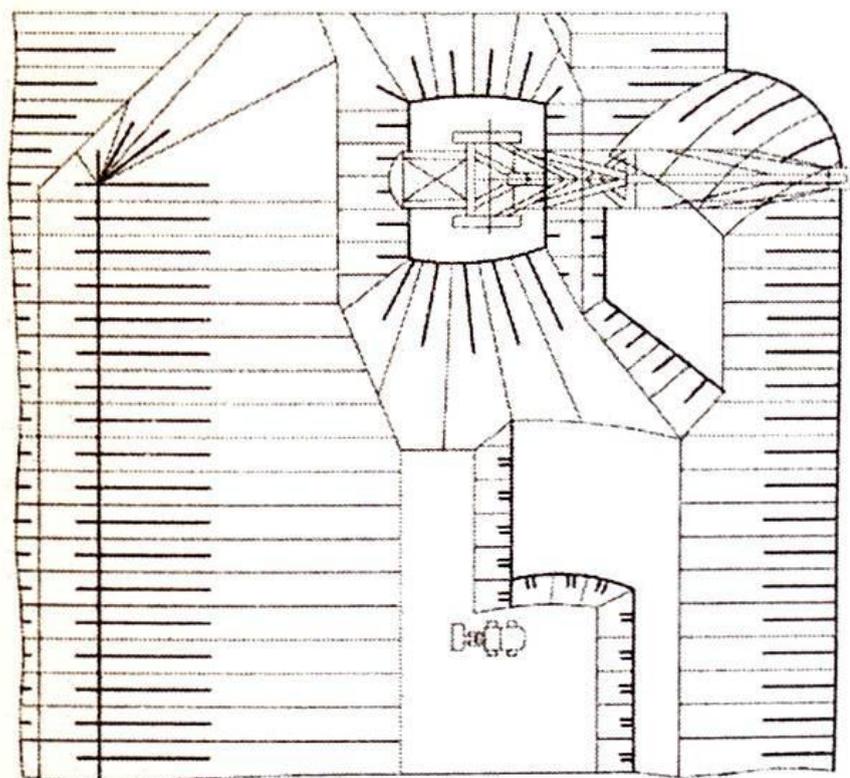
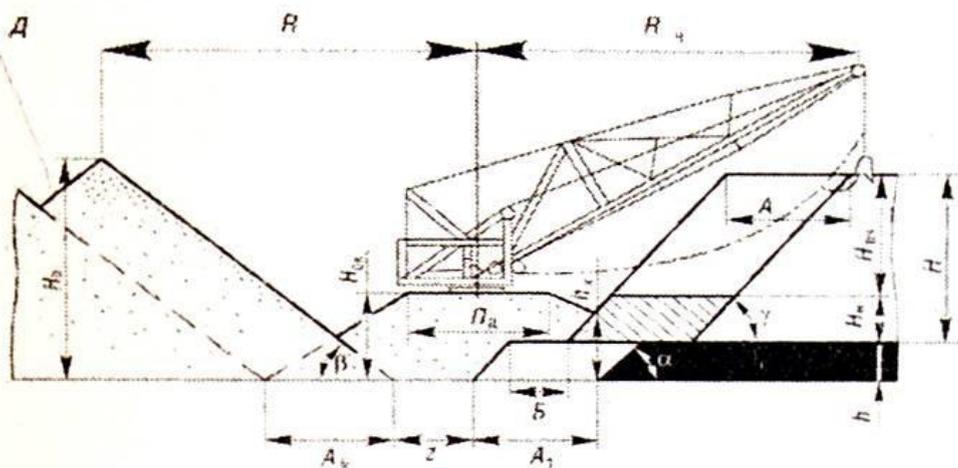


Рис. 29д. Вариант технологии вскрышных работ с кратной перевалкой породы во внутренние отвалы одноковшовыми экскаваторами (д).

В первом варианте экскаватор, находясь на кровле пласта полезного ископаемого, экскавирует породу, перемещает ее в выработанное пространство и частично засыпает пласт полезного ископаемого. Находящийся на отвале драглайн, перемещаясь вслед за механической лопатой на расстояние l_0 , переэкскавирует породу дальше в выработанное пространство, освобождая пласт от вскрышной породы, и создает необходимое пространство между отвалом и добычным уступом. Добычной экскаватор находится на расстоянии l_0 от вскрышного. Это расстояние должно обеспечивать необходимый по правилам технической эксплуатации объем вскрытых запасов по длине фронта работ. Данная технология применяется при разработке мощных пластов полезного ископаемого и ограниченных рабочих параметрах механической лопаты. Недостатками этой схемы являются: возможные потери полезного ископаемого, сложность в отводе воды с почвы пласта вследствие засыпки выработанного пространства у добычного уступа и невозможность организации поточного транспортного обслуживания с расположением транспортных коммуникаций на почве уступа.

Второй вариант аналогичен первому, только экскавацию породы в выработанное пространство осуществляет драглайн, который располагается на кровле вскрышного уступа или на промежуточном горизонте.

В третьем варианте в начале фронта горных работ драглайн переэкскавирует породу в отвале от предыдущей заходки механической лопаты или драглайна, освобождая в необходимом объеме пространство для размещения породы при разработке, следующей заходки в массиве. Это позволяет исключить потери полезного ископаемого, улучшить условия транспортного обслуживания и технологию добычных работ.

В четвертом варианте драглайн с расположением на кровле вскрышного уступа разрабатывает часть его по высоте и перемещает в выработанное пространство с частичной засыпкой пласта полезного ископаемого. Драглайн на отвале

одновременно разрабатывает оставшуюся часть вскрышного уступа и переэкскавирует породу в отвале от первого драглайна, размещая ее перед собой по фронту работ и внутри отвала в выработанном пространстве. Эта схема позволяет увеличить на 20–30% высоту вскрышного уступа, обрабатываемого по бестранспортной технологии.

В пятом варианте использована технология разработки вскрышного уступа с засыпкой пласта полезного ископаемого и переэкскавация вскрыши, как в четвертом варианте, но осуществляемая одним драглайном с большими рабочими параметрами и его расположением в выработанном пространстве. Технология работы заключается в том, что экскаватор создает из экскавируемой породы части уступа насыпное основание, высотой, достаточной для размещения внутри отвала всей экскавируемой и переэкскавируемой вскрыши. Преимущества этой схемы состоят в том, что драглайн располагается ближе к выработанному пространству и, следовательно, может переместить в отвал большой объем пород при минимальном количестве экскавационной техники.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность технологии вскрышных работ с перевалкой и переэкскавацией вскрыши в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами?
2. Объясните недостатки указанных схем систем разработки с перевалкой и переэкскавацией вскрыши.
3. По каким критериям обрабатывается высоту вскрышного уступа с перемещением вскрыши в выработанное пространство?

2.7. Расчет параметров системы разработки бестранспортной системы разработки

Расчет параметров первого и второго вариантов технологии разработки с частичной засыпкой пласта полезного ископаемого с переэкскавацией вскрыши в выработанном пространстве для

его зачистки заключается в определении рабочих параметров драглайна и технологии (рис. 30).

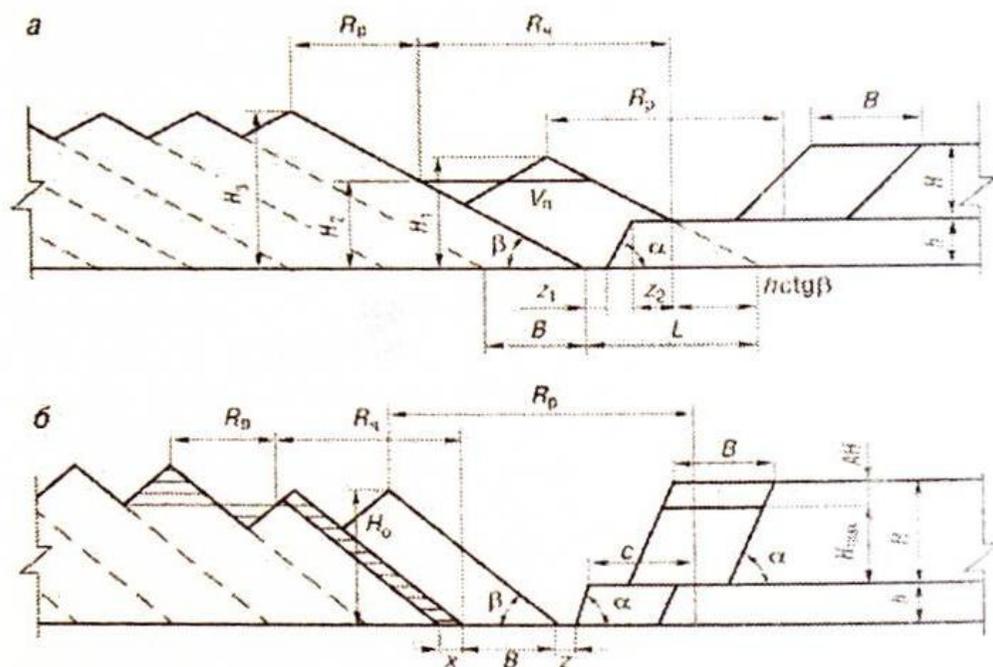


Рис. 30. Расчётная схема параметров технологии вскрышных работ с кратной переэкскавацией породы во внутренние отвалы:
а – с частичной засыпкой пласта полезного ископаемого,
б – без засыпки добычного уступа

Объем экскавируемой породы на единицу подвигания забоя (м^3)

$$V = BHk_p.$$

Необходимый объем переэкскавируемой породы

$$V_n = LH_1 - 0,25 L_2 \text{tg}\beta - h(0,5h \text{ctg}\alpha + z_2 + 0,5 h \text{ctg}\beta),$$

где H_1 – высота отвала,

$$H_1 = h + h_p,$$

h_p – высота разгрузки экскаватора на вскрыше;

L – ширина выработанного пространства, подлежащая освобождению от породы.

$$L = h (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta) + z_1 + z_2,$$

где z_2 – величина засыпки пласта породой, принимается от 0 до необходимых размеров в конкретных условиях.

Рабочие параметры драглайна на переэкскавации:

$$R_ч = H_2 \operatorname{ctg}\beta + z_1 + h \operatorname{ctg}\alpha + z_2,$$

$$R_p = (H_3 - H_2) \operatorname{ctg}\beta,$$

где H_2 – высота установки драглайна на переэкскавации

$$H_2 = H_1 - 0,25 L \operatorname{tg}\beta,$$

где H_3 – высота отвала после переэкскавации

$$H_3 = Hk_p + 0,25 B \operatorname{tg}\beta.$$

Расчет параметров третьего варианта технологии с предварительной переэкскавацией драглайном части вскрыши, занятой отвалом от предыдущей заходки, заключается в определении величины полосы (x) в выработанном пространстве, достаточной для размещения отвала при разработке забоя без засыпки добычного уступа.

Максимальная мощность вскрыши, размещаемой в выработанном пространстве без необходимости переэкскавации:

- 1) с учетом высоты разгрузки вскрышного экскаватора

$$H_{\max} = \frac{H_p - 0.25B \operatorname{tg}\beta + h}{k_p};$$

2) с учетом радиуса разгрузки вскрышного экскаватора

Превышение мощности вскрыши, для размещения которой в выработанном пространстве необходима переэкскавация породы,

$$\Delta H = H - H_{\max}.$$

Объем породы в отвале, подлежащий переэкскавации,

$$V_{\Pi} = \Delta H B k_p.$$

Пространство в отвале подлежащее переэкскавации,

$$V_{\Pi} = x H_0 - 0,25 x^2 \operatorname{tg}\beta.$$

Величина полосы в выработанном пространстве от предыдущей заходки, подлежащей освобождению для размещения породы в выработанном пространстве без засыпки добычного уступа,

$$x = \frac{H_0 - \sqrt{H_0^2 - \Delta H B k_p \operatorname{tg}\beta}}{0,5 \operatorname{tg}\beta},$$

где, H_0 – высота отвала:

при экскавации породы в забое вскрыши механической лопатой

$$H_0 = h + H_p,$$

при экскавации драглайном

$$H_0 = h + H + H_p.$$

Расчет четвертого варианта технологии с разделением вскрышного уступа по высоте между драглайном во вскрышном забое и драглайном в отвале заключается: в определении высоты вскрышного уступа для перевалки вскрыши в выработанное пространство с частичной засыпкой пласта, параметров технологии отвалообразования оставшейся части вскрышного уступа и переглубки вскрыши для освобождения пласта полезного ископаемого от частичной засыпки. Расчет параметров технологии аналогичен методике определения параметров первого варианта технологии, в котором предусматривается частичная засыпка пласта полезного ископаемого (рис.31):

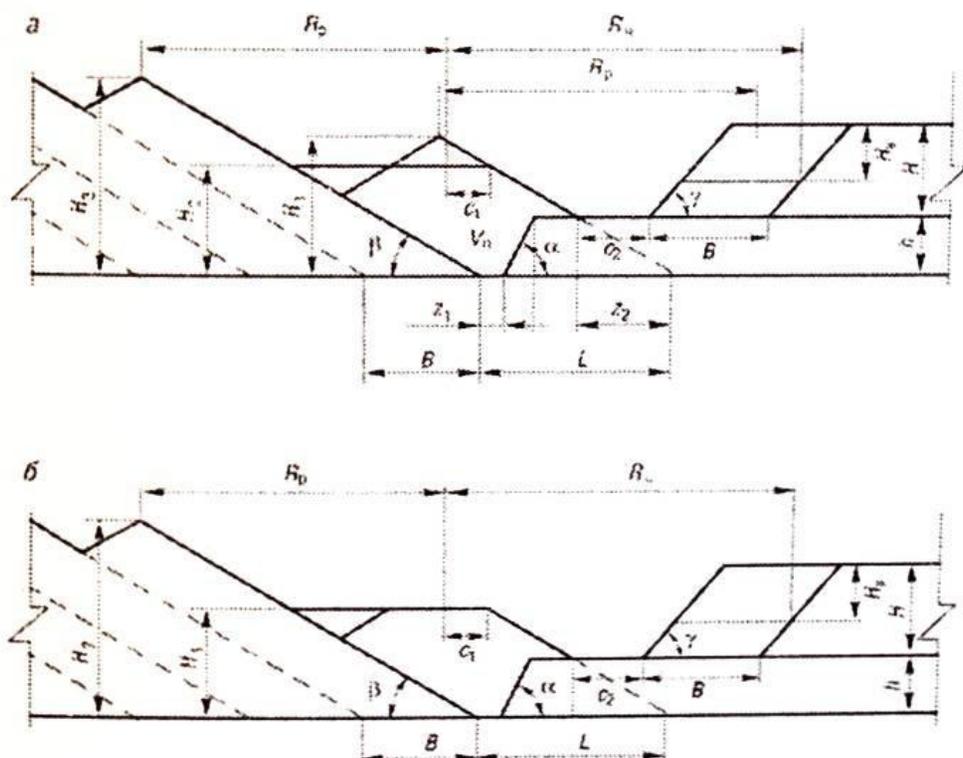


Рис. 31. Расчётная схема параметров технологии вскрышных работ:
а – с разделением вскрышного уступа по высоте между драглайном во вскрышном забое и драглайном в выработанном пространстве,
б – с использованием одного драглайна на экскавации и переглубки вскрыши

1) объем экскавируемой породы при условии допустимой величины частичной засыпки пласта полезного ископаемого,

$$V_1 = LH_1 - 0,25 L_2 \operatorname{tg}\beta - h (0,5h \operatorname{ctg}\alpha + z_2 + 0,5 h \operatorname{ctg}\beta),$$

где $L = h(\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta) + z_1 + z_2$;

2) высота части уступа для экскавации драглайном с его расположением на кровле или промежуточном горизонте

3) объем породы оставшейся вскрыши во вскрышном уступе и для переэкскавации драглайном в выработанном пространстве

$$V_2 = BH_n + V_1;$$

4) высота установки драглайна на отвале в выработанном пространстве

$$H_2 = 0,75 L \operatorname{tg}\beta;$$

5) высота отвала после переэкскавации

$$H_3 = H_{кр} + 0,25 B \operatorname{tg}\beta.$$

6) рабочие параметры драглайна на переэкскавации

$$R_q = c_1 + (H_2 - h) \operatorname{ctg}\beta + c_2 + (H - H_q) \operatorname{ctg}\gamma,$$
$$R_p = (H_3 - H_2) \operatorname{ctg}\beta + (L - c_1),$$

где c_1 – расстояние от оси расположения драглайна до бровки отвала;

c_2 – расстояние нижней бровки отвала на кровле добычного уступа до нижней бровки вскрышного уступа.

Расчет параметров пятого варианта технологии с использованием одного драглайна на экскавации и переэкскавации заключается в определении параметров экскаватора и

уровня его расположения в выработанном пространстве (рис.31б).

$$R_q = c_1 + (H_1 - h) \operatorname{ctg} \beta + c_2 + H \operatorname{ctg} \gamma + B,$$

$$R_p = (H_2 - H_1) \operatorname{ctg} \beta + (L - c_1),$$

$$H_1 = 0,75 L \operatorname{tg} \beta.$$

Сравнение вариантов технологических схем вскрышных работ с переэкскавацией вскрыши в выработанном пространстве различным оборудованием производится по коэффициенту переэкскавации, который представляет собой отношение объема переэкскавируемой породы к объему перемещаемой в выработанное пространство

$$K_n = V_n / V$$

Ширина заходки вскрышного экскаватора. При расчетах технологических схем с перевалкой пород вскрыши в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами возникает задача определения ширины заходки (B). Она устанавливается из обеспечения максимальной производительности экскаватора, что было рассмотрено в курсе «Технологические процессы открытых горных работ» в разделе «Выемочно – погрузочные работы». Однако при выборе ширины заходки следует иметь в виду, что величина ширины вскрышной заходки пропорциональна высоте отвала H_o , которая складывается из мощности пласта полезного ископаемого h и высоты разгрузки экскаватора h_p , и обратно пропорциональна углу откоса внутреннего отвала β и высоте вскрышного уступа H

$$B = \frac{H_o - Hk_p}{0,25 \operatorname{tg} \beta}.$$

В конкретных условиях окончательный выбор ширины заходки устанавливается из соотношения затрат на вскрышные

работы в зависимости от ширины заходки и высоты уступа. Увеличение ширины заходки снижает количество циклов перемещения вскрышного экскаватора по фронту работ и, следовательно, уменьшает затраты на перемещение транспортных средств и электро-коммуникаций на рабочих площадках.

Параметры технологии по длине фронта работ. Расчет параметров технологии перевалки вскрыши в выработанное пространство одноковшовыми экскаваторами рассмотрен на единицу длины фронта работ. При расчете этих параметров по длине фронта работ необходимо учитывать колебания мощности вскрыши и изменение мощности пласта полезного ископаемого. Для расчета принимают экстремальные значения: максимальную мощность вскрыши и минимальную мощность полезного ископаемого.

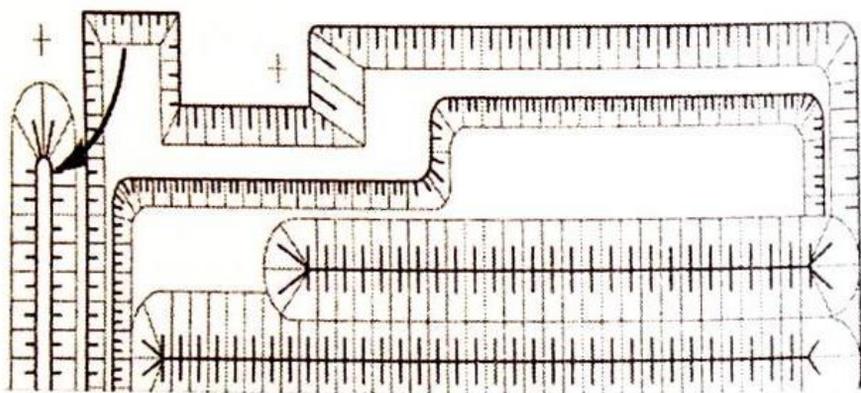


Рис. 32. Размещение вскрышных пород на борту карьера из фланговой зоны карьера

Размещение вскрыши в фланговых частях карьерного поля. На флангах карьерного поля при значительной глубине карьера конструкция откоса флангового борта карьера при размещении на нем предохранительной и транспортной берм для транспорта полезного ископаемого уменьшает длину отвального фронта. В этом случае вскрышу с участка вскрышного фронта на

фланге невозможно непосредственно направить в выработанное пространство. Для ее размещения применяется несколько вариантов: на борту карьера (рис. 32), в выработанном пространстве, производя дополнительную переэкскавацию пород вскрыши на отвале или используют экскаватор с рабочими параметрами, несколько большими, чем это необходимо для ее размещения по расчету. Последний вариант учитывается при проектировании карьера, располагая этот фланг карьера в местности с пониженной мощностью вскрыши. В этом случае величина рабочих параметров экскаватора будет достаточной для экскавации породы вскрыши под углом к фронту работ.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные элементы и параметры и элементы систем разработки.
2. Что называют объемом экскавации?
3. В каких частях карьерного поля размещают вскрышные породы?

2.8. Выбор вскрышного экскаватора и определение производительности карьера по полезному ископаемому

После выбора для конкретных условий месторождения полезного ископаемого технологии разработки по расчетным параметрам выбирается соответствующий им вскрышной экскаватор. Его производительность позволяет определить скорость подвигания вскрышного забоя (V_3), следовательно, величину вскрытых запасов по длине фронта работ, а их объем – возможную производительность по полезному ископаемому

$$\frac{Q_3}{HB} = V_3, \quad V_3 \cdot HB = \Pi_{н.и.},$$

где Q_3 – производительность вскрышного экскаватора;

Лп.и – производительность по полезному ископаемому
 Объем вскрытых запасов. По правилам технической
 эксплуатации карьера для надежности работы добычного
 технологического потока вскрытых запасов должно быть не
 менее чем на три месяца работы. Поэтому в системах разработки
 с технологией перевалки вскрыши в выработанное пространство
 требуется значительный интервал по фронту работ между
 вскрышным и добычным экскаваторами. Это обстоятельство
 приводит к тому, что при окончании отработки заходки
 вскрышной экскаватор для врезки в новую заходку должен
 перегоняться холостым ходом в начало фронта работ (рис. 33).

Производительность экскаватора на переэкскавации
 вскрыши. В вариантах с переэкскавацией вскрыши произ-
 водительность экскаватора в выработанном пространстве
 меньше производительности вскрышного экскаватора на
 коэффициент переэкскавации $Q_{п} = Q_{экп}$.

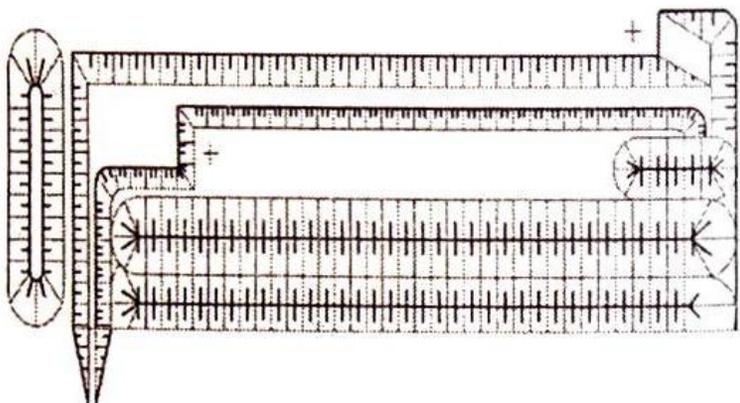


Рис.33. Положение горных работ на карьере после перегона вскрышного экскаватора по фронту работ и врезки в новую заходку

Коэффициент переэкскавации. При большой мощности
 вскрыши и высокой устойчивости внутренних отвалов возможна
 многократная переэкскавация вскрышных пород в отвале до
 момента равенства затрат на перемещение пород вскрыши во
 внутренние отвалы с переэкскавацией и перевозку вскрыши

средствами транспорта. Эта технология особенно актуальна при разработке месторождения с пологим залеганием пласта. Экономически допустимый коэффициент переэкскавации можно определить по формуле

$$K_{\text{вср}} = \frac{C_{\text{т}} - C_{\text{б}}}{C_{\text{п}}} \text{ м}^3 / \text{м}^3,$$

где $C_{\text{т}}$, $C_{\text{б}}$, $C_{\text{п}}$ – затраты на 1 м³ вскрышных работ, соответственно, при использовании транспорта, простой перевалки и переэкскавации. Основные достоинства технологии вскрышных работ с экскаваторной перевалкой породы в отвал заключаются в обеспечении высокой производительности вскрышных экскаваторов и низких затратах на вскрышные работы.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию объем вскрытых запасов?
2. Что называют коэффициентом переэкскавации?

2.9. Транспортно-отвальная система разработки

Технология вскрышных работ с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем. Транспортно-отвальная система разработки предусматривает применение специальных средств, позволяющих увеличить дальность и объемы перемещения вскрыши в выработанное пространство. Это консольные отвалообразователи, транспортно-отвальные мосты с ленточными конвейерами и метатели с использованием воздушной струи реактивных двигателей. Широкое применение эта технология получила благодаря созданию комплексов роторных экскаваторов с консольными отвалообразователями. По этой технологии экскаватор располагается на кровле пласта полезного ископаемого. Горная порода от экскаватора передается на отвалообразователь.

который перемещает ее в выработанное пространство. При этом укладка породы в отвал отвалообразователем производится при повороте консоли по радиусу в пределах паспорта отсыпки отвала (рис. 34).

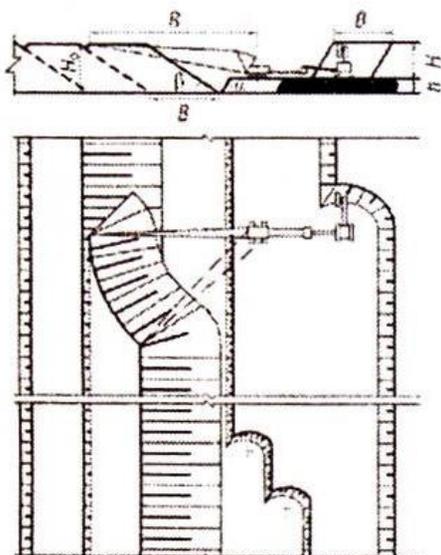


Рис. 34. Транспортно-отвальная система разработки с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем

Шаг передвижки отвалообразователя по фронту соответствует шагу передвижки экскаватора в забое. Консольный отвалообразователь может располагаться на кровле пласта или в выработанном пространстве (рис. 35). Возможность взаимного размещения экскаватора и отвалообразователя на рабочей площадке позволяет регулировать ширину вскрытых запасов полезного ископаемого, что важно при сезонной работе по вскрыше. В этом случае для создания зимнего объема вскрытых запасов отвалообразователь располагается на максимальном расстоянии от роторного экскаватора, ближе к внутреннему отвалу. При минимальных вскрытых запасах полезного ископаемого отвалообразователь находится в экскаваторной заходке позади роторного экскаватора (рис. 36).

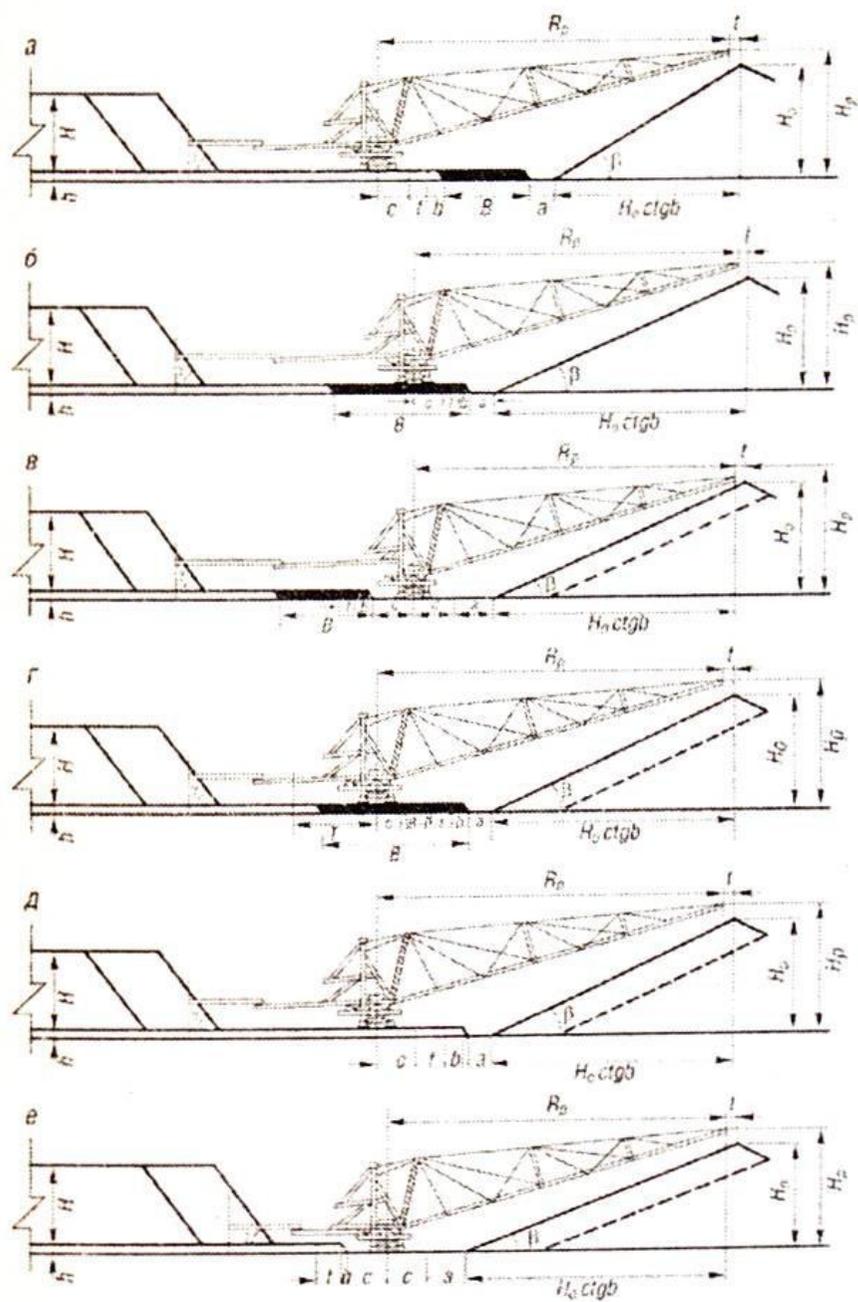


Рис. 35. Схемы размещения отвалообразователя на рабочей площадке

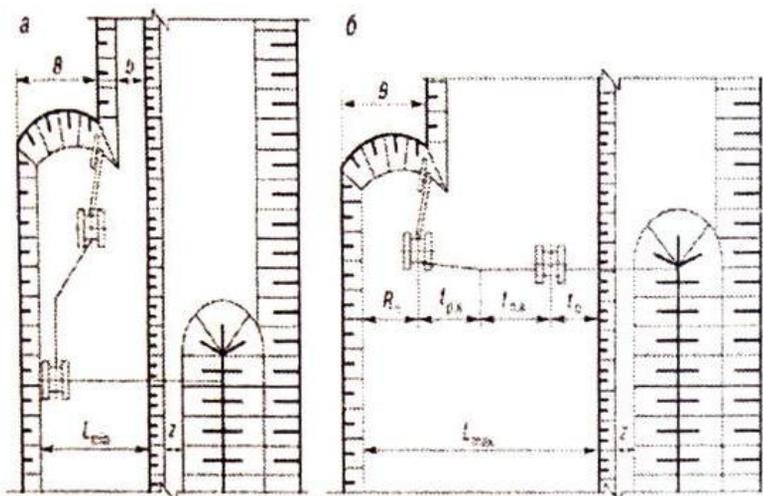


Рис. 36. Технологические схемы вскрышных работ с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем при минимальном (а) и максимальном (б) объеме вскрытых запасов полезного ископаемого

Расчет параметров технологии заключается в определении высоты вскрышного уступа, ширины заходки, размеров отвала и ширины площади вскрытых запасов в зависимости от линейных параметров отвалообразователя и роторного экскаватора. Высота вскрышного уступа определяется высотой черпания роторного экскаватора.

Ширина заходки экскаватора:

- ◆ с поворотной стрелой $B = R$,
- ◆ с поворотным корпусом $B = 1,7 R$, где R – радиус черпания экскаватора, м.

Объем экскавируемой породы (см. рис. 35)

$$V = BHk_p.$$

Высота отвала равна высоте разгрузки отвалообразователя (H_p) и мощности добычного уступа (h) при его размещении на кровле пласта

$$H_0 = H_p + h.$$

Объем отвала $V_0 = BH_0k_p$,

где H – высота вскрышного уступа, м;

k_p – коэффициент разрыхления горных пород в отвале;

B – ширина заходки экскаватора, м.

Ширина площади вскрытых запасов полезного ископаемого (см. рис. 36):

♦ максимальная $L_{\max} = R_{\text{ч.у}} + l_{\text{р.к}} + l_{\text{п.к}} + l_0 - z - H_0 \text{ctg}\beta$;

♦ минимальная $L_{\min} = B + b$,

где $R_{\text{ч.у}}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м;

$l_{\text{р.к}}$ – длина разгрузочной консоли экскаватора, м;

$l_{\text{п.к}}$ – длина приемной консоли отвалообразователя, м;

l_0 – длина отвальной консоли отвалообразователя, м;

z – зазор по дну между добычным уступом и отвалом, м;

b – ширина транспортной бермы на уступе, м.

При мощности вскрыши, превышающей высоту черпания экскаватора и возможности размещения ее в выработанном пространстве, уступ разделяется по высоте на две части. Нижняя часть разрабатывается экскаватором на высоту черпания. Отработка верхней части производится другим экскаватором с перемещением породы на рабочую площадку в выемочный блок нижнего экскаватора (рис. 37). В этом случае производительность нижнего экскаватора должна обеспечивать экскавацию объема горной массы своей и заходки верхней части

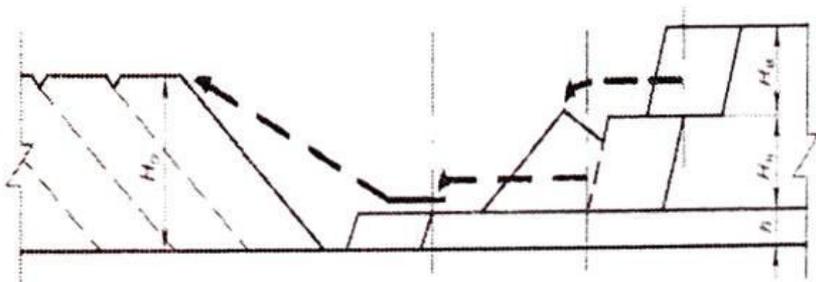


Рис. 37. Схема разработки вскрышного уступа с разделением по высоте

Для увеличения дальности перемещения вскрыши в выработанное пространство была предложена конструкция отвалообразователя с аэробаллонной подвеской консоли (рис. 38). Конвейер расположен между баллонами, наполненными гелием, объем которых по сечению достаточен для обеспечения подъемной силы, уравнивающей вес конвейера. Перемещение такого отвалообразователя осуществляется бульдозерами с якорными тросами.

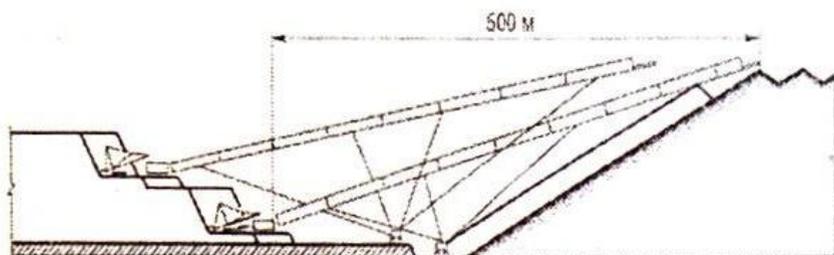


Рис. 38. Схема технологии разработки месторождения с перемещением вскрыши отвалообразователем с аэробаллонной подвеской консоли

Технология вскрышных работ с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем может быть использована при разработке крепких вскрышных пород с буровзрывной подготовкой горной массы к экскавации. В этом случае при высокой степени дробления породы для экскавации взорванной горной массы применяется компактный роторный экскаватор, который передает горную массу непосредственно на отвалообразователь. Высокая степень дробления массива горных пород обеспечивается применением бурозарядного комбайна (рис. 39).

При применении технологии подготовки горных пород к выемке с использованием буровых станков и зарядных машин экскавация взорванной горной массы осуществляется канатными или гидравлическими экскаваторами с погрузкой горной массы в бункер передвижной дробильной установки. После

дополнительного дробления крупных кусков горная масса конвейером консоли передвижной дробильной установки передается на отвалообразователь (рис. 40).

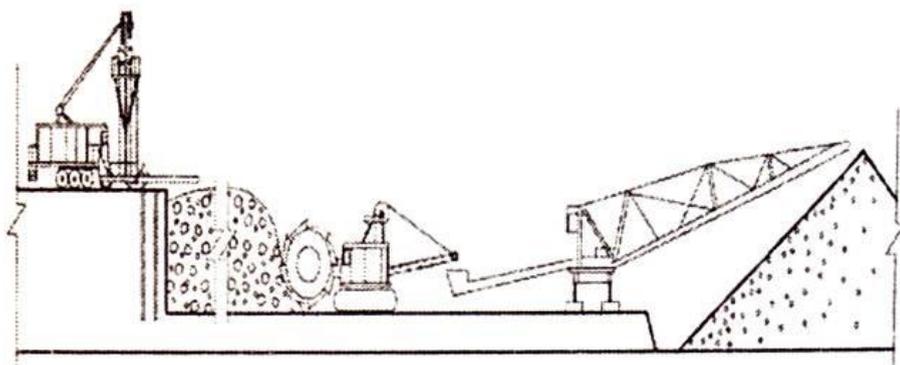


Рис. 39. Схема технологии вскрышных работ с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем, подготовкой крепких горных пород к выемке бурозарядным комбайном и экскавацией взорванной горной массы компактным роторным экскаватором.

Технология разработки вскрыши с консольным отвалообразователем обеспечивает высокую производительность за счет поточности производства и автоматизации управления горным оборудованием, большой объем вскрытых запасов и независимость вскрышных и добычных работ.

Технология вскрышных работ с перемещением породы в выработанное пространство транспортноотвальным мостом. Технология вскрышных работ с перемещением вскрыши транспортно-отвальным мостом аналогична технологии с консольным отвалообразователем. Параметры технологической схемы с использованием транспортно-отвального моста определяются пролетным строением и длиной отвальной консоли.

Транспортно-отвальные мосты проектируются и изготавливаются индивидуально для конкретных условий месторождения (рис. 41). В зависимости от геологических условий

месторождения, количества пластов полезного ископаемого в свите, мощности и свойств пород вскрыши, необходимых объемов вскрытых запасов конструкции транспортно-отвальных мостов предусматривают разное расположение опор забойной и отвальной стороны (рис. 42). Расчет параметров аналогичен расчету технологии вскрышных работ с консольным отвалообразователем. Самый длинный транспортно-отвальный мост длиной 585,5 м был сооружен в Германии для карьера Эспенхайн (рис. 43). Транспортный мост, перемещаясь, имеет незначительную возможность отклоняться от перпендикулярного положения оси к фронту работ. Из-за этого возникают проблемы отработки тупиков на флангах карьерного поля с учетом того, что при проектировании и раскройке карьерного поля.

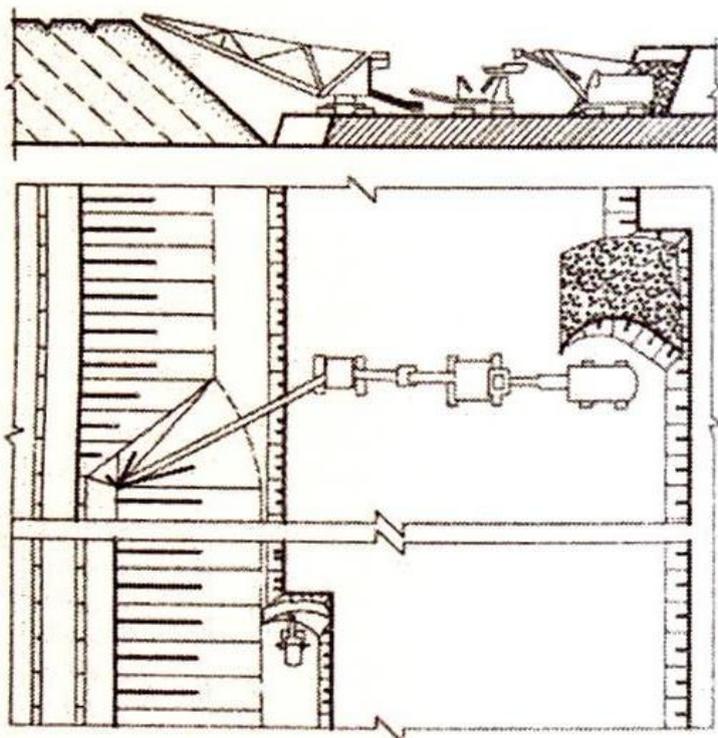


Рис. 40. Технология вскрышных работ с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем.

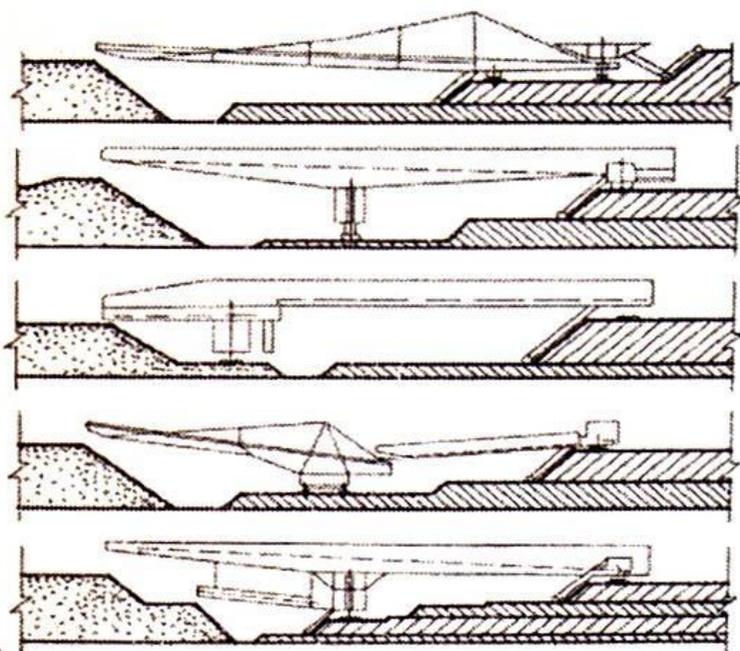


Рис. 41. Конструкции транспортно-отвальных мостов.

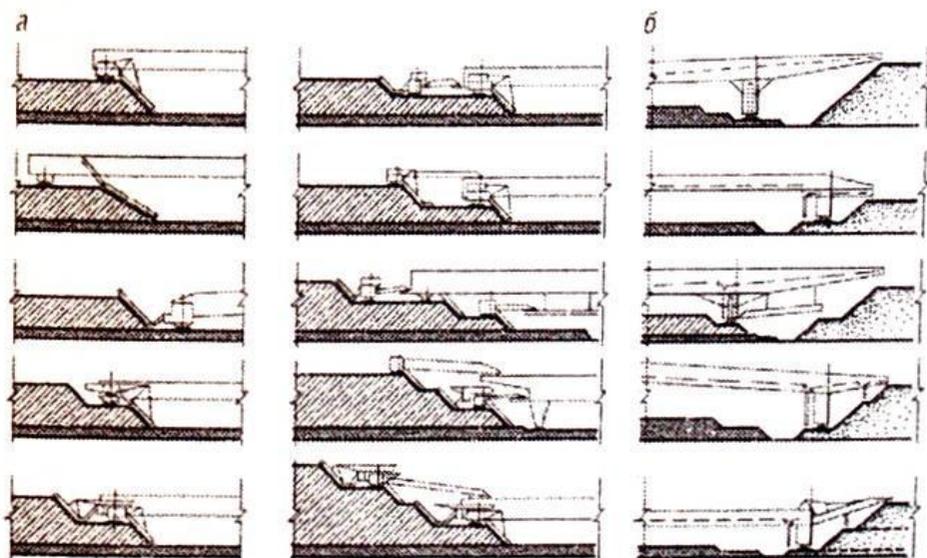


Рис. 42. Схемы установки забойных (а) и отвальных (б) опор транспортно-отвальных мостов.

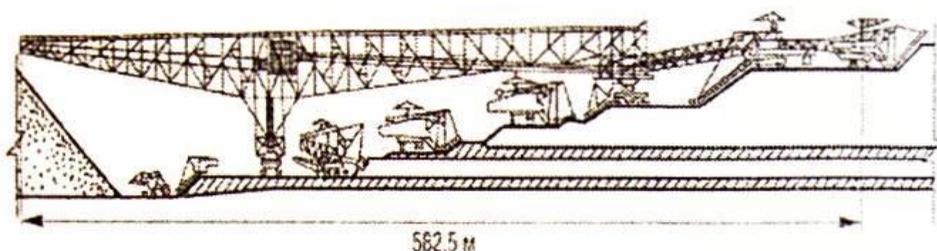


Рис. 43. Транспортно-отвальный мост.

Мосты с благоприятной конфигурации залежи в плане применяют при параллельном, веерном или комбинированном перемещении фронта работ. При параллельном перемещении фронта работ в торцевой части, где расположена капитальная траншея для полезного ископаемого, разработки ведут специальной экскавационной техникой с перемещением породы на внешние отвалы средствами транспорта (рис. 44). При веерном развитии фронта работ капитальная траншея, предназначенная для перевозки полезного ископаемого, располагается на поворотном пункте и служит весь срок существования карьера. При комбинированном перемещении фронта работ часть карьерного поля отрабатывается с параллельным, а часть с веерным перемещением фронта работ. В этом случае необходим перенос поворотного пункта. Применение транспортно-отвальных мостов позволяет обеспечить поточность и автоматизацию производства, высокую производительность выемочного оборудования и большой объем вскрытых запасов полезного ископаемого.

Технология вскрышных работ драгой. Дrajные вскрышные работы с перемещением вскрыши в выработанное пространство применяются для разработки россыпных месторождений. Технология работ заключается с поочередной, аналогично схеме «экскаватор-карьер», отработкой драгой покрывающих полезное ископаемое вскрышных пород и добычи полезного ископаемого. Драга, перемещаясь вдоль дражного полигона многоковшевым или фрезерным рабочим органом, производит разработку

порывающих пород и перемещает их в выработанное пространство полигона позади драги (рис. 45). Ширина дражного полигона устанавливается из условия достижения максимальной производительности драги по горной массе, что соответствует углу ее маневрирования.

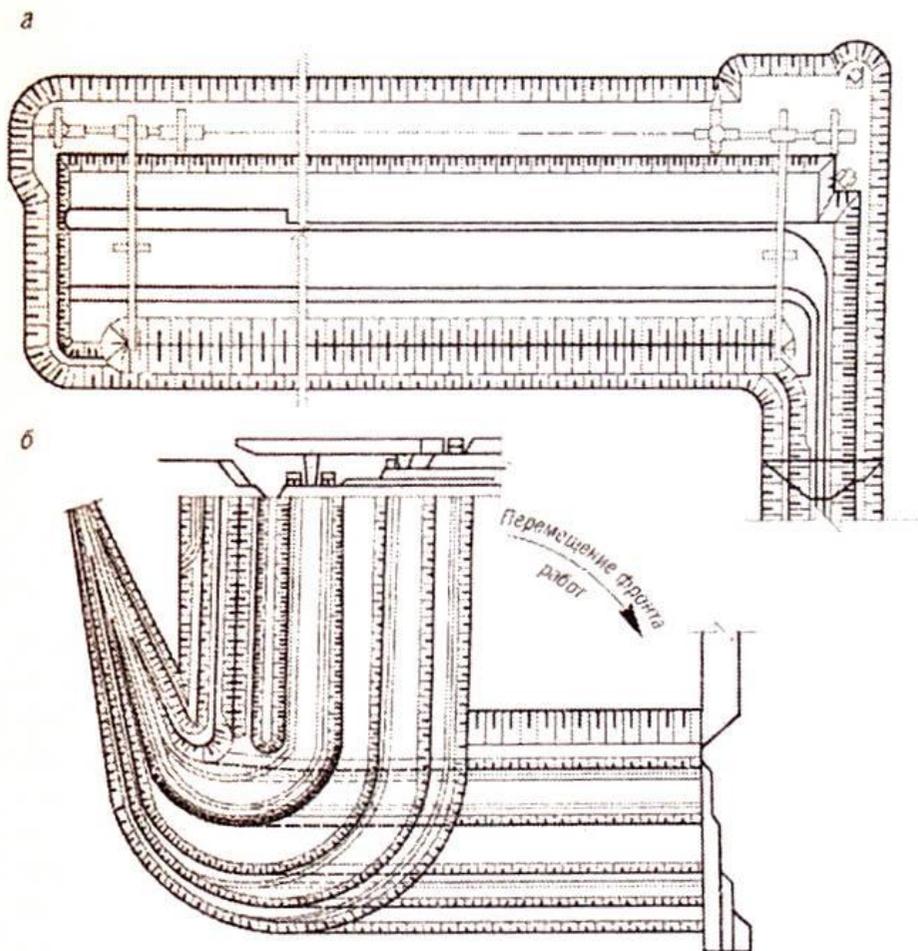


Рис. 44. Технологические схемы разработки месторождения с использованием транспортно-отвального моста при параллельном (а) и всерном (б) перемещении фронта работ

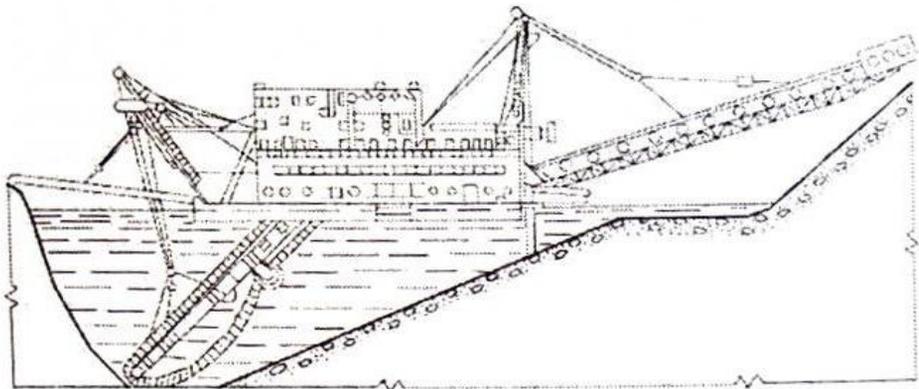


Рис. 45. Технология вскрышных работ драгой

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность транспортно-отвального моста?
2. По каким технологическим схемам может работать транспортно-отвальный мост?
3. Назовите самый крупный транспортно-отвальный мост.

2.10. Комбинация бестранспортной и транспортно-отвальной систем разработки

Технология вскрышных работ с перевалкой породы в выработанное пространство одноковшовым экскаватором и перемещением пород вскрыши консольным отвалообразователем. При мощности вскрыши, превышающей возможности простой перевалки вскрыши в выработанное пространство или вскрыша представлена разнопрочными горными породами, используется комбинация бестранспортной и транспортно-отвальной систем разработки. Технология вскрышных работ в этом случае заключается в разработке нижней части (H_n) вскрышного уступа драглайном с непосредственной перевалкой пород вскрыши в выработанное пространство, а верхняя часть (H_v) – роторным экскаватором с перемещением вскрыши в выработанное пространство консольным отвалообразователем (рис. 46)

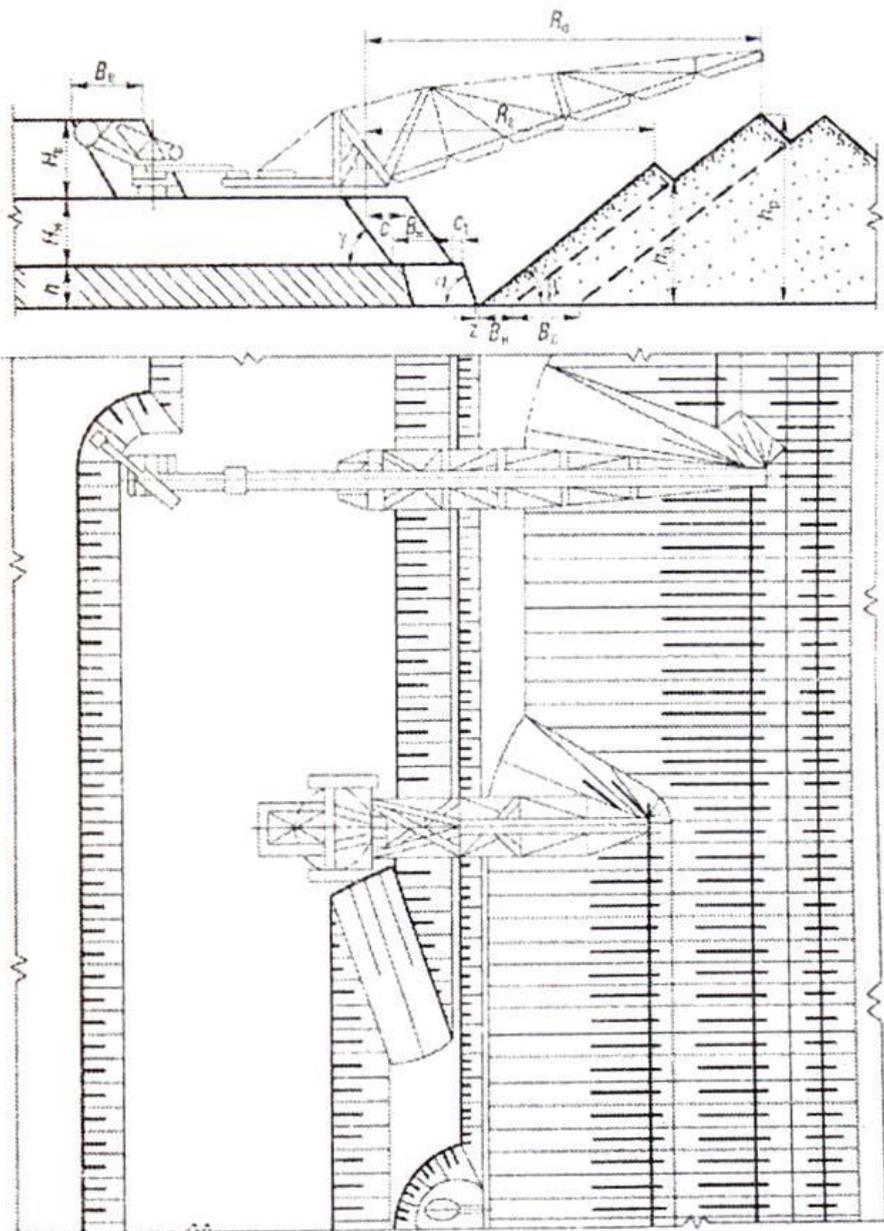


Рис. 46. Технология вскрышных работ с перевалкой вскрыши в выработанное пространство и перемещением консольным отвалообразователем

Расчет комбинированной системы разработки состоит в определении параметров технологий перевалки и перемещения вскрыши в выработанное пространство. При этом рассматриваются варианты:

◇ определение максимальной высоты уступа для драглайна, для оставшейся мощности вскрыши выбор роторного экскаватора и отвалообразователя с необходимой длиной отвальной консоли;

◇ определение высоты уступа для роторного экскаватора, для оставшейся мощности вскрыши выбор драглайна с необходимыми параметрами.

Применение комбинированной системы разработки месторождения требует соблюдения равенства скорости подвигания фронта работ на верхнем и нижнем вскрышных горизонтах.

$$\frac{Q_p}{H_n B_n} = \frac{Q_d}{H_n B_n}$$

где Q_p и Q_d – производительность, соответственно, роторного экскаватора и драглайна;

H_n и H_n , B_n и B_n – высота уступов и ширина заходок соответственно роторного экскаватора и драглайна.

Максимальная высота уступа определяется по формуле

$$H_n = \frac{h + h_p - 0,25 B_n \operatorname{tg} \beta}{k_p - 1}$$

где h – высота добычного уступа,

h_p – высота разгрузки драглайна,

k_p – коэффициент разрыхления горных пород в отвале.

Вместимость отвала должна обеспечивать размещение объемов вскрышных пород обеих заходок. Из условия равенства площади заходок и отвала

$$(H_n B_n + H_a B_a) k_p = B_n h_d + B_a h_p - 0,25 \operatorname{tg} \beta (B_n z + B_a z).$$

Высота отвала драглайна

$$h_1 = H_n k_p + 0,25 B_n \operatorname{tg} \beta \text{ или}$$

$$h_1 = \frac{R_0 - (c + H_n \operatorname{ctg} \gamma + c_1 + h \operatorname{ctg} \alpha + z)}{\operatorname{ctg} \beta}.$$

Радиус разгрузки драглайна

$$R_d = c + H_n \operatorname{ctg} \gamma + c_1 + h \operatorname{ctg} \alpha + z + h_d \operatorname{ctg} \beta,$$

где α , γ и β – угол откоса уступа полезного ископаемого нижнего вскрышного уступа и отвала.

Радиус разгрузки отвалообразователя

$$R_0 = c + h \operatorname{ctg} \gamma + c_1 + h \operatorname{ctg} \alpha + z + B_n + h_d \operatorname{ctg} \beta.$$

Разнопрочная толща вскрышных пород разделяется на уступы по природным свойствам: мягкие четвертичные отложения разрабатываются роторным экскаватором, крепкие горные породы после взрывного дробления экскавируются механической лопатой или драглайном (рис. 47).

Перевалка крепких горных пород в выработанное пространство по фронту обычно опережает перемещение мягких горных пород с верхнего уступа. Применение перемещения вскрыши с верхнего горизонта в выработанное пространство отвалообразователем благоприятно для восстановления поверхности выработанного пространства и его рекультивации. Возможность отсыпки отвала обвалообразователем всерным перемещением консоли при малом шаге его передвижки позволяет уменьшить объем планировочных работ на поверхности отвала и обеспечить размещение на его поверхности четвертичных отложений и плодородного слоя.

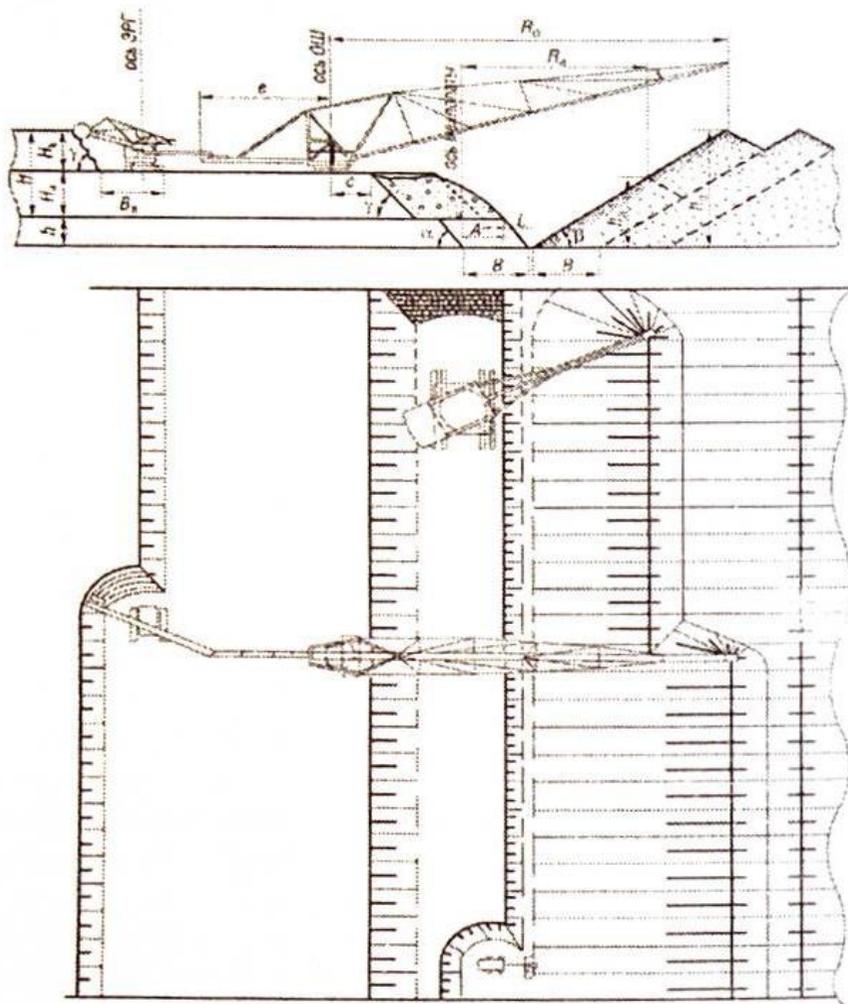


Рис. 47. Комбинация бестранспортной и транспортно-отвальной систем разработки месторождения с разнопрочными вскрышными породами

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность комбинации бестранспортной и транспортно-отвальной систем разработки?
2. Назовите основные параметры данной технологии.

2.11. Транспортная система разработки

Технология вскрышных работ с перевозкой породы во внутренние или погоризонтные отвалы средствами транспорта

На горизонтальных и пологих месторождениях с большой мощностью пласта или свиты пластов полезное ископаемое разрабатывается несколькими уступами, что приводит к большой ширине добычной рабочей зоны. Перевалка и перемещение вскрышных пород в выработанное пространство через эту зону существующими средствами механизации невозможно. В этом случае используется технология разработки месторождения с перевозкой породы во внутренние отвалы

Разработка уступов при перевозке мягких горных пород вскрыши во внутренние отвалы производится роторными или многоковшовыми экскаваторами с погрузкой породы в железнодорожный или конвейерный транспорт. При железнодорожном транспорте пути на вскрышных уступах соединяются петлей с путями отвальных уступов в торцевой части карьера, в которой расположен путепровод для пропуска железнодорожного транспорта с добычных уступов (рис. 48).

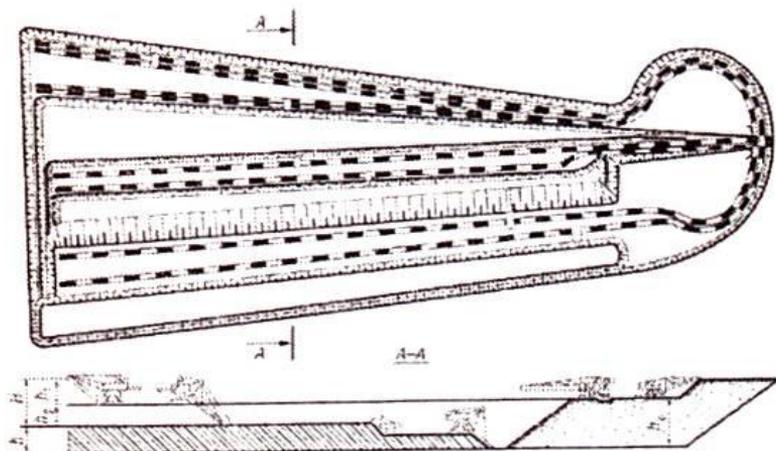


Рис. 48. Транспортная система разработки с перевозкой вскрыши в выработанное пространство

Фронт работ на карьере вокруг этой петли развивается веерно. Путь от забоев до отвалов с целью уменьшения затрат энергии на транспортирование вскрыши делается с уклоном в сторону отвала. Расчет параметров транспортной системы разработки заключается в определении высоты вскрышных уступов из условия равенства или некоторого превышения уровня вскрышного горизонта соответствующего отвального уступа для создания уклона в сторону отвала. Если покрывающие породы разрабатываются двумя уступами (h_1 и h_2), то вскрыша может размещаться отвальными экскаваторами в одном уступе или в двух (рис.49). В этом случае высота уступа, на котором располагаются транспортные коммуникации будет равна:

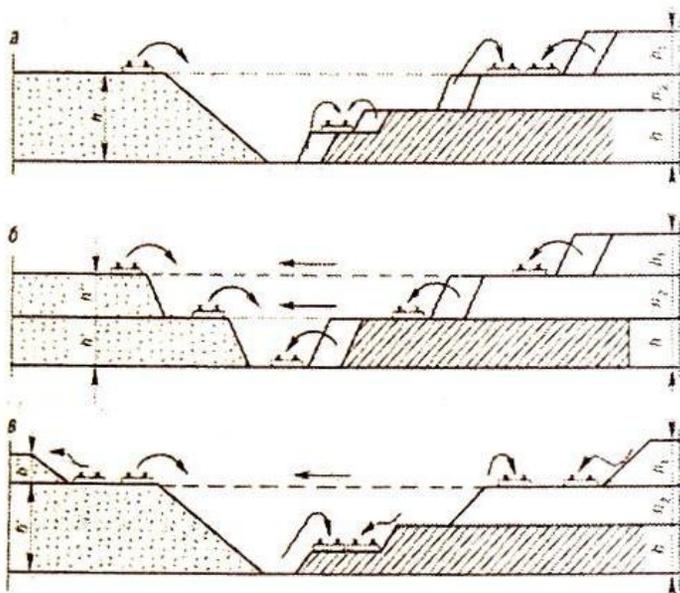


Рис. 49. Схемы транспортной связи вскрышных и отвальных горизонтов при железнодорожном транспорте горных пород:
а – при отсыпке вскрышных пород на отвале одним уступом, б – при отсыпке вскрышных пород на отвале двумя уступами с отдельными транспортными горизонтами, в – при отсыпке вскрышных пород двумя уступами с одним транспортным горизонтом на отвале

- ◆ в первом случае $h_2 \geq k_p H - h$;
- ◆ во втором случае $h_2 \geq h/k_p$;
- ◆ в третьем $h_2 \geq h/(k_p - 1)$.

Грузопотоки породы и полезного ископаемого при этой системе разработки рассредоточены. Их транспортные пути пересекаются на разных отметках. Технология разработки пород вскрыши с транспортированием их во внутренние отвалы с помощью конвейеров представлена на (рис. 50). На карьерах с горизонтальным залеганием полезного ископаемого, где породы вскрыши представлены крепкими или равнопрочными породами при ограниченной в плане и сложной конфигурации рабочей зоны карьера, используется автомобильный транспорт с перевозкой вскрыши во внутренние отвалы.

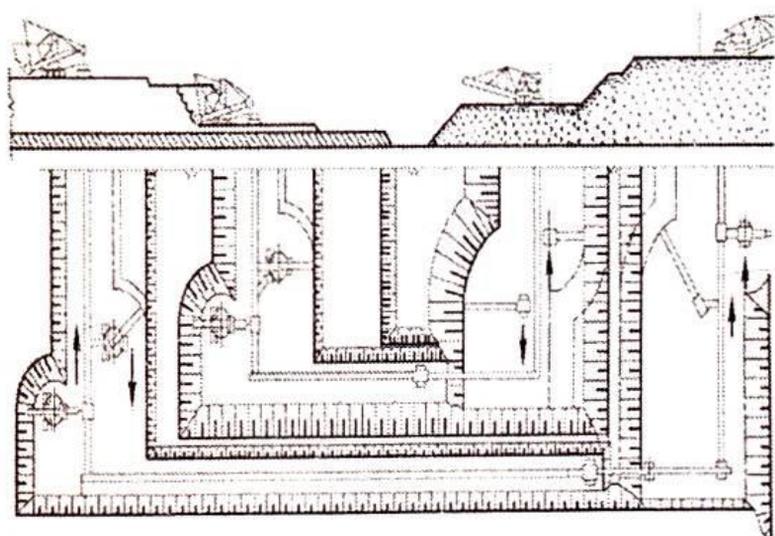


Рис. 50. Транспортная система разработки с перевозкой вскрыши в выработанное пространство конвейерным транспортом

Отвалообразование в выработанном пространстве многоярусное бульдозерное. Транспортные коммуникации с рабочих горизонтов располагаются на бермах в торцевых частях карьера с уклоном в сторону отвала. При значительной протяженности

фронта работ для сокращения длины транспортирования из пород вскрыши сооружают временные насыпи в центральной части фронта, соединяющие рабочие горизонты с отвальными. По мере подвигания фронта работ их отрабатывают, освобождая временно законсервированные запасы полезного ископаемого, и сооружают новые. Для обеспечения устойчивости внутренних отвалов в системе разработки горизонтальных месторождений особое внимание уделяется осушению отвала, для чего предусматривается дренаж в основании отвала через специальные трубы, которые укладываются на почву пласта перед отвалообразованием.

На наклонных и крутопадающих вытянутых по простиранию или мощных рудных месторождениях применение системы разработки с перевозкой вскрыши в выработанное пространство возможно при фиксированной глубине карьера, которая определяется геологическими условиями или экономической целесообразностью. В этом случае разработка месторождений с перемещением вскрыши в выработанное пространство производится после создания рабочей зоны карьера с фиксированной глубиной. Глубина открытой разработки свиты пластов, вытянутых по простиранию (рис. 51), определяется эффективностью разработки месторождений с крепкими горными породами по граничному коэффициенту вскрыши.

Технология вскрышных работ с перевозкой вскрыши во внутренние отвалы при разработке крутопадающих вытянутых по простиранию месторождений принимается больше вскрышных на величину коэффициента разрыхления горных пород в отвале. Транспорт вскрыши при отработке этих месторождений осуществляется автомобильным или конвейерным транспортом.

При открытой разработке мощных рудных месторождений для перемещения вскрыши в выработанное пространство глубина выработанного пространства определяется экономической целесообразностью с учетом разницы затрат на перевозку вскрыши на внешние и внутренние отвалы в течение всего срока

отработки месторождения на соответствующую глубину. Особенность расчета параметров технологии разработки для этих месторождений заключается в том, что объем складироваемых горных пород на отвальных горизонтах больше объема разрабатываемых пород вскрышных горизонтов на величину коэффициента разрыхления горных пород. Для сохранения одинаковой скорости перемещения вскрышного и отвального фронтов ширина отвальных уступов.

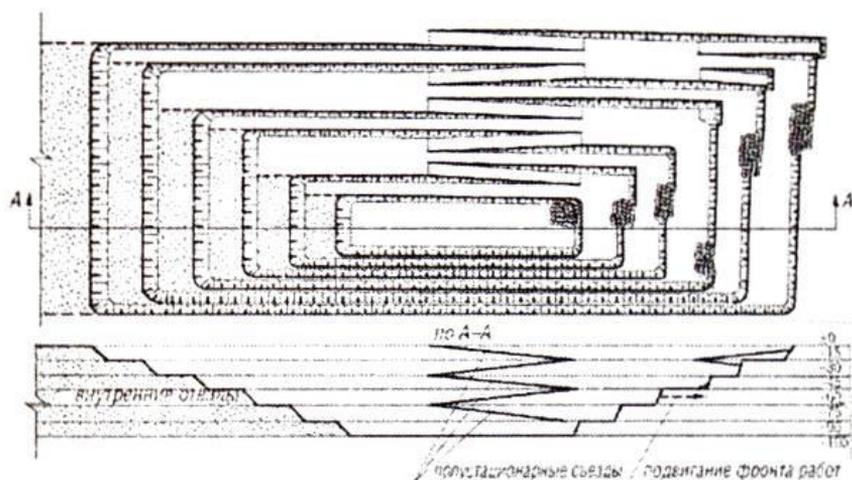


Рис. 51. Технология вскрышных работ с перевозкой вскрыши во внутренние отвалы при разработке крутопадающих вытянутых по простиранию месторождений

Технология вскрышных работ с перевозкой породы на внешние отвалы. Технология вскрышных работ с перевозкой вскрыши экскавационно-транспортными машинами или транспортными средствами на внешние отвалы применяется при разработке неглубоко залегающих горизонтальных месторождений (россыпей, строительных материалов) и месторождений, распространяющихся на большую глубину. В качестве экскавационно-транспортных машин применяются скреперы, бульдозеры, автопогрузчики, земснаряды, в качестве

транспортных средств – все виды карьерного транспорта, которые, в свою очередь, определяют в этой системе технологию, способы вскрытия месторождения и рабочих горизонтов разработки.

Технология вскрышных работ с перевозкой породы экскавационно-транспортными машинами. Россыпные месторождения цветных, драгоценных металлов и алмазов представляют собой аллювиальные отложения песков в древних руслах рек. Вскрышные породы представляют собой верхнюю часть рыхлых отложений (торфа) в границах россыпи, не содержащих промышленных концентраций полезного минерала. Мощность этого слоя обычно незначительна и составляет 5–8 м. Мощность продуктивной толщи, содержащей полезный минерал (пески), достигает 20 м. Ширина россыпи в среднем составляет 200–250 м. Вскрышные работы производятся колесными скреперами, бульдозерами или автопогрузчиками в комбинации с бульдозерами. Отвалы вскрышных пород размещаются на борту карьера. Технология разработки колесными скреперами заключается в срезании тонкими стружками торфов на наклонном забое при движении вниз, перемещении по полигону, выездной траншеи и разгрузке породы на отвале (рис. 52).

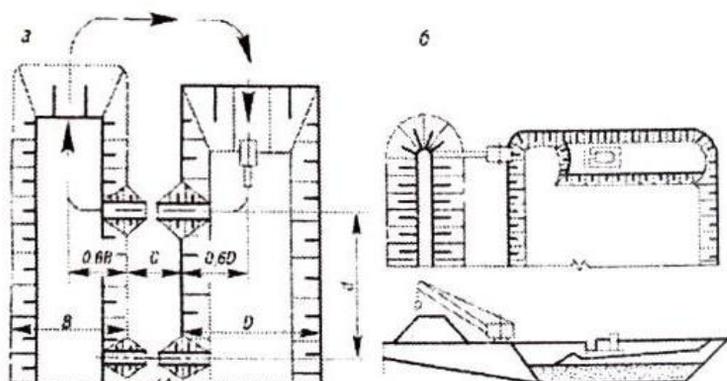


Рис. 52. Технологические схемы разработки вскрышных пород россыпных месторождений скреперами (а), бульдозером и драглайном (б) с внешним отвалообразованием

Расчет параметров технологии разработки заключается в определении среднего расстояния транспортирования горной породы скрепером (м):

$$L_{\text{ср}} = 0,6 (B + D) + c + d,$$

где B – ширина отвала;

D – ширина полигона россыпи;

c – расстояние на поверхности от отвала до полигона;

d – шаг переноса траншеи для перемещения скрепера из полигона на отвал.

Выездная траншея переносится вслед за фронтом работ. При небольшой мощности вскрыши въездная траншея для выезда скрепера из полигона обычно не сооружается, для чего борт карьера выколаживается до угла 10–15°. В этом случае объем горных работ увеличивается, а среднее расстояние доставки пород на отвал (м) $L_{\text{ср}} = 0,6 D + B + c + 40$.

При узких россыпях производство вскрышных работ скреперами выполняется по челночной схеме, когда скрепер заполняется при движении поперек россыпи, выезжает на отвал, разгружается и при следующем наполнении ковша направляется для разгрузки в отвал, расположенный на другом борту полигона. В этом случае среднее расстояние транспортирования $L_{\text{ср}} = 0,5 D + B + 0,5 c + 20$.

В этих же условиях для производства вскрышных работ может использоваться бульдозер, который срезает слоями покрывающую породу и перемещает ее поперек полигона россыпи на борт. Среднее рассчитанное расстояние доставки вскрыши в отвал определяется как расстояние между центрами тяжести объема вскрыши в россыпи и на отвале:

$$L_{\text{ср}} = 0,6(B + D) + c.$$

На вскрышных работах возможно применение комбинированной разработки бульдозерами и экскаваторами,

бульдозерами и автопогрузчиками. По этой технологии драглайн находится на борту полигона и, принимая породу, доставляемую бульдозером поперечными заходками, размещает ее в отвал. С комплектом бульдозер и автопогрузчик технология вскрышных работ заключается в выемке бульдозером горной породы, ее штабелировании, автопогрузчик экскавирует горную породу и доставляет на отвал. Месторождения строительных материалов (песка, гравия, известняка, глины) относятся к горизонтально залегающим месторождениям. Они представляют собой отложения в земной коре, покрытые мягкими горными породами четвертичного периода. Мощность продуктивной толщи этих месторождений от нескольких до десятков метров. Мощность покрывающих пород, как правило, незначительна. Технология вскрышных работ на этих месторождениях аналогична технологии вскрышных работ при разработке россыпей.

Технология вскрышных работ с перевозкой породы транспортными средствами. Геологические условия месторождений с наклонным и крутым распространением на большую глубину пластовых, жильных, штокообразных рудных залежей не позволяют использовать выработанное пространство для размещения пустых пород, поэтому при разработке этих месторождений широко применяется технология с перевозкой вскрыши на внешние отвалы средствами транспорта. Обычно эти месторождения представлены полускальными и скальными породами, разработка которых производится одноковшовыми экскаваторами канатными и гидравлическими экскаваторами с буровзрывным или механическим рыхлением при подготовке горных пород к выемке. При разработке наклонных и крутых месторождений горные работы развиваются в глубину. Рабочая зона, т.е. число уступов, находящихся в одновременной работе, в процессе эксплуатации изменяется. Вскрытие рабочих горизонтов производится в течение всего срока существования карьера, и их относительный объем на каждом горизонте по сравнению с объемом вскрышных работ обычно возрастает с углублением рабочей зоны. Длина фронта уступа уменьшается, а

расстояние транспортирования горной массы из карьера увеличивается. Принимая во внимание величину энергопоглощения и затрат на перемещение горной массы из карьера на внешние отвалы, которые достигают 70% общих затрат на добычу полезного ископаемого на этих месторождениях, технологию вскрышных работ при разработке наклонных и крутых месторождений рассматривают в зависимости от вида применяемого транспорта.

Технология вскрышных работ с перевозкой породы железнодорожным транспортом. При разработке месторождений, имеющих большое простирание и объемы перевозок, применяется железнодорожный транспорт. Отличительной особенностью данной разработки является необходимость размещения транспортных коммуникаций на рабочих площадках и борту карьера (рис. 53).

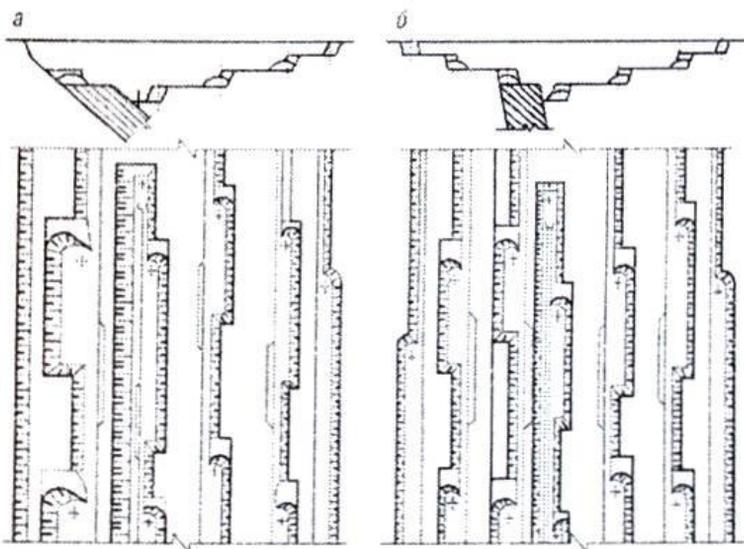


Рис. 53. Технология разработки месторождений с наклонным (а) и крутым (б) распространением залежи на глубину с перевозкой вскрыши на внешние отвалы железнодорожным транспортом.

При большой глубине карьера трасса железнодорожного пути, служащая для связи забоев с внешними отвалами, является сложной и протяженной. Необходимость устройства обменных пунктов вблизи забоев в карьере и отвальных тупиков на отвалах, площадок в пунктах примыкания забойных путей к наклонной траншее, способ вскрытия карьерного поля и рабочих горизонтов, горное и транспортное оборудование определяют параметры элементов системы разработки.

Контрольные вопросы:

1. Объясните сущность транспортной системы разработки.
2. Какие основные параметры являются определяющими при транспортной системе разработки?
3. Как производится вскрытие рабочих горизонтов при транспортной системе разработки?

ГЛАВА 3 ВСКРЫТИЕ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

3.1. Классификация способов вскрытия

Способы вскрытия карьерных полей классифицируются по наличию, положению, количеству, назначению и виду вскрывающих выработок (табл. 3).

Наличие капитальных горных выработок для вскрытия месторождения является обязательным в случае применения железнодорожного и автомобильного транспорта. Если горную породу перемещают в рабочих органах грузоподъемных или горных машин, необходимость в проведении вскрывающих горных выработок для всех или части уступов карьера отпадает.

Таблица 3

Виды вскрывающих выработок	Группа	Способ вскрытия
Капитальные траншеи	Внешние траншеи	Отдельными траншеями групповыми траншеями общими траншеями парными траншеями
	Внутренние траншеи	Отдельными траншеями групповыми траншеями общими траншеями парными траншеями крутыми траншеями
	Комбинированные траншеи	Различные сочетания основных способов
Подземные выработки	Горизонтальные выработки	Штольнями туннелями
	Шахтные стволы	Наклонными шахтными стволами вертикальными шахтными стволами

Бестраншейное вскрытие		Вскрывающие выработки отсутствуют
Комбинированное вскрытие	Комбинация траншейного вскрытия с бестраншейным	Бестраншейное вскрытие породных уступов и траншейное добычных траншейное вскрытие породных уступов и бестраншейное добычных траншейное вскрытие породных уступов и шахтными стволами добычных

Так, при разработке месторождения с пологим залеганием пласта с применением ленточных конвейеров надобность в капитальных траншеях отпадает.

Транспортные коммуникации карьера сооружают либо отдельно для каждого уступа, либо для группы или для всех уступов карьера в целом. Количество капитальных траншей в каждом из указанных случаев разное: их больше в первом случае и меньше в последнем.

Вскрывающие выработки и большая часть капитальных траншей служат для перемещения груженных и порожних сосудов. Иногда капитальные траншеи используются так, что по одним движутся груженные поезда, а по другим – порожние. При этом капитальные траншеи проводятся однопутными. Величина подъема траншей, служащих для движения груженных поездов, равна руководящему; уклон траншей для движения порожняка делают более крутым.

Наклонные и крутопадающие месторождения, залегающие ниже господствующей отметки поверхности и месторождения, расположенные на возвышенности, вскрывают обычно общими капитальными траншеями или подземными выработками: тоннелями, штольнями, шахтными стволами.

Задачей вскрытия является установление транспортной связи между рабочими площадками уступов и земной поверхностью. Основные горные выработки – капитальные и разрезные траншеи. Капитальные траншеи – наклонные горные выработки, предназначенные для вскрытия рабочих горизонтов; эти выработки служат длительный срок и используются для

расположения в них транспортных коммуникаций. Разрезные траншеи – горизонтальные горные выработки, предназначенные для создания фронта работ на уступах. Разрезные траншеи на рабочем горизонте карьера являются продолжением капитальных траншей, вскрывающих данный рабочий горизонт.

Карьерной поле вскрывают при помощи капитальных траншей и подготавливают его к разработке проведением разрезных траншей. Капитальные траншеи могут быть внешними, расположение за пределами контура карьера на его бортах, и внутренними, находящимися внутри контура карьера. Внутренние траншеи обычно располагают на нерабочих бортах карьера.

Относительно фронта работ уступов вскрывающие выработки могут иметь центральное или фланговое заложение. Движение транспорта при этом может быть возвратное, соответствующее тупиковому фронту работ, и поточное, соответствующее сквозному фронту работ.

Вскрытие рабочих горизонтов осуществляется посредством сооружения специально предназначенных для этого выработок. Для обеспечения перевозок горной массы каждый горизонт должен быть вскрыт капитальной траншеей (рис. 54 а), как правило наклонной, так как она соединяет отметку вскрываемого горизонта с отметкой уже действующих горизонтов и поверхности.

Горные работы на горизонте начинают с создания первоначального фронта, для чего проводят разрезную траншею (рис.54, б) или разрезной котлован (рис.54,в). Иногда породу, если позволяют параметры экскаваторов, размещают в прибортовом отвале, но чаще ее транспортируют на внешний отвал. Далее производится разнос одного или двух бортов разрезной траншеи (см. рис.54,б) или разрезного котлована (рис.54, г). После необходимого опережения верхнего уступа появляется возможность вскрытия нижерасположенного горизонта и проведения в его пределах разрезной выработки. Продольный уклон рабочих горизонтов должен устанавливаться с учетом обеспечения безопасности работы транспортных средств при погрузке.

На выбор места заложения разрезных траншей влияют главным образом рельеф поверхности и кровли залежи и необходимость сокращения объема горно-строительных работ для быстрого ввода карьера в эксплуатацию. Обычно разрезные траншеи при разработке горизонтальных и пологих месторождений проводят по простиранию залежи. Это обеспечивает достаточный фронт работ для машин большой производительности и позволяет получить значительные вскрытые запасы полезного ископаемого.

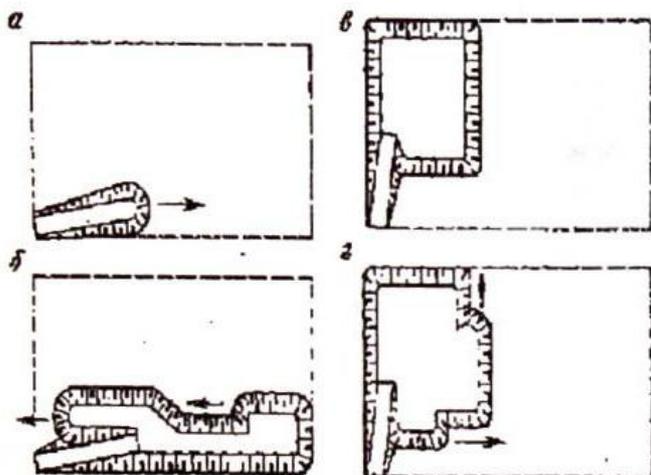


Рис. 54. Схемы начального периода развития горных работ на горизонте

На небольших карьерах подготовительные работы могут осуществляться последовательно несколькими относительно короткими участками.

В таком порядке часто разрабатывают залежи строительных горных пород, что позволяет уменьшить первоначальные затраты на вскрышные работы и применяемое оборудование. При разработке свит пологих пластов и залежей сложного строения направление развития горных работ должно обеспечивать возможность раздельной выемки полезного ископаемого и

пустых пород. При разработке пластовых залежей работы развивают по падению и очень редко по восстанию.

Если по условиям вскрытия фронт работ располагают вдоль короткой оси или по диагонали карьерного поля, необходимая мощность карьера достигается при высокой скорости подвигания фронта работ. При любом расположении фронта работ и направлении развития горных работ толща пород уступа площадью F (м^2) (по его поверхности) и средней мощностью H (м) должна быть отработана согласно календарному плану за $T_{\text{мес}}$. За сопоставимый показатель интенсивности разработки может быть принята среднемесячная величина вскрываемой площади

$$F_m = F/T = L_{\text{ф.у}}v_{\text{ф}}$$

где $L_{\text{ф.у}}$ – принятая средняя протяженность фронта работ уступа m ; $v_{\text{ф}}$ – среднемесячная скорость подвигания фронта работ, $m/\text{мес}$.

Скорость подвигания фронта работ определяется прежде всего интенсивностью выемки запасов горной массы.

Контрольные вопросы.

1. По какому принципу классифицируются способы вскрытия карьерных полей?
2. Как осуществляется вскрытие карьерных полей?
3. Как определяется скорость подвигания фронта работ?

3.2. Вскрывающие горные выработки

Разделение капитальных траншей приведено в табл. 4. Стационарные внешние и внутренние капитальные траншеи используются в течение длительного срока. Их параметры (начальная и конечная глубина, продольный уклон, длина, углы откосов бортов) строго регламентируются в зависимости от конкретных условий, свойств окружающих пород и технических условий проектирования транспортных коммуникаций.

Поперечное сечение отдельных капитальных траншей трапециевидное или треугольное. При расположении транспортных и предохранительных берм на бортах траншей они имеют ступенчатую форму. Глубина капитальных траншей обычно изменяется от нуля до величины, равной высоте одного или нескольких уступов. Подъемы (уклоны) капитальных траншей зависят от вида применяемого транспорта (табл. 5).

Таблица 4.

Разделение капитальных траншей

Признак разделения	Основные различия	Траншеи
Расположение траншей относительно контура карьера	Расположение вне контура карьера Расположение внутри контура карьера	Внешние Внутренние
Число уступов, обслуживаемых системой траншей	Один уступ Несколько (группа) уступов Все уступы карьера до конечной глубины	Отдельные Групповые Общие
Основное назначение траншей	Для движения груженых и порожних поездов (маятниковое движение транспорта) Для движения только груженых или только порожних поездов (поточное движение транспорта)	Одинарные Парные
Стационарность траншей	Постоянное расположение за контуром или на работах в конечном положении Временное расположение внутри конечных контуров на бортах, подлежащих разработке	Стационарные Скользкие (временные)

Таблица 5.

Характерные подъемы капитальных траншей

Вид карьерного транспорта	Величина подъема в направлении движения транспортных сосудов	
	Груженных	Порожных
Наклонные траншеи		
Железнодорожный: паровая тяга	0,02-0,03	0,025-0,035
тепловозная и электрическая тяга	0,025-0,33	0,025-0,06
моторные вагоны	0,04-0,05	0,06-0,08
Автомобильный	0,05-0,1	0,08-0,12
Крутые траншеи		
Бесклетевой подъём с тягачами	0,12-0,25	-
Ленточные конвейеры	0,25-0,33	-
Клетевой подъём	0,25-0,5	-
Скиповой подъём	0,50-1,0	-

Углы откосов бортов капитальных траншей определяются сроком их службы, свойствами пород, их обводненностью. Борт траншеи с длительным сроком службы должен обладать долговременной устойчивостью; угол откоса его в песчаных, мягких, плотных и полускальных породах принимается не больше угла естественного откоса, а в скальных породах - до 50-60°. Оба борта внешних капитальных траншей имеют постоянное положение, а у стационарной внутренней капитальной траншеи только один борт имеет постоянное положение. Минимальная ширина дна капитальных траншей определяется суммой габаритов транспортных средств, безопасных зазоров между ними, поперечных размеров площадок и кюветов, располагаемых по дну.

Ширина дна капитальной траншеи, установленная по условиям размещения транспортных коммуникаций, проверяется по условиям возможности проведения траншеи.

Площадь поперечного сечения подземных вскрывающих выработок определяется габаритами транспортного оборудования и схемами путевого развития (с учетом соблюдения необходимых зазоров). Для условий, когда применяется железнодорожный

транспорт широкой колеи (думпкары, гондолы и промышленные электровозы), сечение выработки (тоннеля) регламентируется ГОСТами. Способы вскрытия рабочих горизонтов карьера. Вскрытие рабочих горизонтов осуществляется для обеспечения сформированных на уступах грузопотоков транспортными коммуникациями, позволяющими перемещать грузы с рабочих горизонтов до пунктов приема на поверхности или на промежуточных горизонтах. Вскрываемые выработки начинаются с поверхности или с уже вскрытого промежуточного рабочего горизонта и заканчиваются на отметке рабочей площадки вскрываемого горизонта. Способ вскрытия определяется рядом признаков, в первую очередь видом вскрываемых выработок (табл.6). В отдельных случаях (использование башенных экскаваторов и кабельных кранов) разработка всего месторождения и перемещение карьерных грузов производится без проведения вскрываемых выработок. Возможно создание транспортного доступа к отдельным рабочим горизонтам карьера и при отсутствии вскрываемых выработок: например, при перевозках вскрышных пород на погоризонтные отвалы карьеров нагорного или нагорно-глубинного вида, при использовании конвейеров, расположенных на нерабочем борту, и т. д. Такой способ вскрытия называется бестраншейным.

В большинстве случаев рабочие горизонты карьера вскрывают капитальными траншеями или полутраншеями.

Таблица 6.

Классификация способов вскрытия

Признак способа вскрытия	Способ вскрытия		
	Открытыми выработками (траншейными)	Подземными выработками	Комбинацией открытых и подземных выработок
Положение вскрываемых выработок относительно конечного контура карьера	Внешними, внутренними или смешанными траншеями и полутраншеями	Внешними внутренними, или смешанными	Внешними, внутренними или смешанными

Стационарность выработок	Стационарными, полустационарными и переменными (скользящими) траншеями или полутраншеями	Стационарными	Стационарными или комбинацией стационарных с полустационарными (временными)
Наклон выработок	Крутыми или наклонными траншеями и полутраншеями	Вертикальными, крутыми, наклонными или горизонтальными	Комбинацией вертикальных, крутых, наклонных или горизонтальных
Число обслуживаемых горизонтов	Отдельными групповыми или общими траншеями и полутраншеями	Отдельными, групповыми или общими	Отдельными, групповыми или общими
Характер движения транспортных средств на уступе (поточное или маятниковое)	Одиными или парными траншеями и полутраншеями	Одиными или парными	Одиными или парными

Реже осуществляется вскрытие подземными выработками (наклонными и вертикальными стволами, штольнями, тоннелями), а также комбинированным способом.

Траншеи, предназначенные для движения колесных транспортных средств (железнодорожный и автомобильный транспорт), должны быть наклонными; траншеи, оборудуемые подъемниками, крутыми.

В зависимости от числа уступов (один, группа или все уступы карьера), обслуживаемых траншеями с общей трассой, различают соответственно отдельные, групповые и общие траншеи (см. табл. 4).

Внешние траншеи бывают стационарными или полустационарными. Внутренние траншеи могут быть стационарными (расположены на нерабочих бортах карьера), полустационарными, временными и скользящими. Временные и полустационарные внутренние траншеи на рабочих бортах карьера применяют для уменьшения объемов горно-капитальных работ и при перераспределении во времени объемов вскрышных работ.

На рабочем горизонте, вскрытом одной (одинарной) капитальной выработкой, чаще всего применяется маятниковое (возвратное) движение транспортных средств. Если рабочий горизонт вскрыт двумя выработками (грузовой и порожняковой), то обеспечивается сквозное движение транспортных средств на уступах и в этом случае повышается использование горного оборудования во времени, в результате чего компенсируется увеличение затрат на сооружение вскрывающих выработок. Такие выработки называют парными, они могут иметь внешнее или внутреннее заложение и состоять из пары отдельных, групповых или общих траншей или полутраншей. Соответственно выделяются одинарные и парные трассы. Парные траншеи и трассы применяют в основном в неглубоких карьерах с интенсивным грузооборотом.

В соответствии с указанными главными признаками разделения капитальных траншей в табл. 6. приводится классификация основных способов вскрытия, построенная на основе классификации проф. Е.Ф. Шешко. При вскрытии горизонтов, расположенных ниже господствующего уровня земной поверхности, продольный профиль капитальных траншей характеризуется подъемом в направлении движения груженых транспортных средств, а при вскрытии горизонтов, расположенных выше господствующего уровня земной поверхности, - подъемом в направлении движения порожних транспортных сосудов. По расположению вскрывающих выработок относительно карьерного поля и залежи различают вскрытие фланговыми и центральными траншеями (или подземными выработками), вскрытие со стороны лежащего или висячего бока залежи, а также с торца карьера.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется вскрытие рабочих горизонтов?
2. Чем определяется скорость подвигания фронта работ?
3. Назовите признаки разделения капитальных траншей.
4. Какой способ вскрытия называется бестраншейным?
5. Назовите способы вскрытия.

3.3. Трассы вскрывающих выработок

Трасса траншеи или другой выработки – это линия, положение которой в пространстве определяют план и профиль земляного полотна транспортного пути. Горизонтальная проекция трассы является планом пути, а вертикальная ее проекция – продольным профилем пути. Путь в плане состоит из прямолинейных и криволинейных участков, а в профиле – из горизонтальных и наклонных участков, а также сопрягающих участков между ними, обеспечивающих необходимую плавность переходов.

Трассирование заключается в установлении на плане и в профиле оси транспортного пути. Пункты, через которые должна проходить трасса, определяются совокупностью топографических, геологических, строительных и других факторов.

По положению трассы относительно контура карьера различают соответственно выработкам внешние, внутренние и смешанные трассы. По сроку службы различают стационарные, полустационарные и скользящие (временные) трассы; первые располагаются на нерабочих бортах карьера, вторые – на временно законсервированных участках рабочих бортов карьера, скользящие (временные) – на разрабатываемых участках рабочих бортов карьера.

Основанием для трассирования капитальных траншей является промежуточное или конечное положение бортов карьера, изображаемых на плане изолиниями одинаковых высотных отметок с интервалом, равным высоте уступа. Трасса внешних траншей проводится с поверхности до горизонтали, определяющей положение вскрываемого уступа; трасса внутренних траншей проходит по борту и пересекает горизонтали, ограничивающие уступы (рис. 55).

Обычно трассу вводят в контур карьера с его торца в пониженных местах рельефа поверхности, что упрощает трассирование внутри контуров карьерного поля и сокращает объем горно-строительных работ. При выборе положения трассы учи-

тывают также необходимость обеспечения устойчивости тех участков бортов, где размещаются капитальные траншеи, возможность увеличения их срока службы, удобство размещения станций и отвалов на поверхности и подходов к отвалам, протяженность путей на поверхности, а также соединительных путей между траншеями и забойными путями в карьере и т. д.

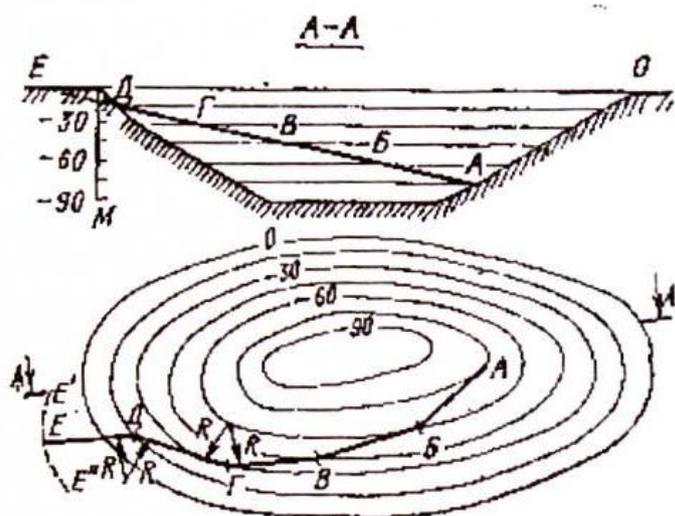


Рис. 55. Схема трассирования капитальных траншей:
 А, Б, В, Г, Д – пункты примыкания трассы к горизонтам;
 Е – начало трассы)

Основными параметрами трассы являются величина руководящего подъема, разность высотных отметок начала и конца трассы, радиусы криволинейных участков, теоретическая и действительная длины трассы, число и конструкция пунктов примыкания горизонтальных путей к наклонным.

Теоретическая длина трассы L_m (м) определяется разностью высотных отметок H_0 и H_n , через которые она проходит, и углом Γ наклона трассы к горизонту (градус):

$$L_m = (H_o - H_c) / \operatorname{tg} I = H / i_p,$$

где i_p – руководящий подъем (уклон) трассы.

Действительная длина трассы L_d (м) больше теоретической вследствие ее удлинения, вызываемого уменьшением угла наклона трассы на криволинейных участках и на участках примыкания траншей к рабочим горизонтам. Поэтому $L_d = K_y L_m$, где K_y – коэффициент удлинения трассы.

На криволинейных участках трассы при применении колесного транспорта сопротивление движению возрастает на величину ω_k (Н/м) и необходимо смягчение подъема траншей до величины $i_d = i_p - \omega_k / g$, ‰. Величина ω_k зависит от радиуса кривой R . Наименьший радиус кривой R_{min} устанавливается в зависимости от конструктивной проходимости подвижного состава. Величина R_{min} влияет на объем разноса бортов карьера необходимый для укладки кривых, вследствие чего целесообразно в общем случае применять подвижной состав, допускающий наименьшие радиусы кривых.

При железнодорожном транспорте наименьшая длина элемента профиля (отрезка пути с неизменной величиной подъема) определяется из условия безопасного движения поездов. Постоянное движение обеспечивается, если поезд в любой момент времени проходит не более одного перелома профиля пути. Поэтому длина одного элемента профиля должна быть не меньше длины поезда.

Формы трасс капитальных выработок. Форма трассы капитальной выработки в плане является простой, если трасса расположена на одном борту карьера и не меняет своего направления по всей длине. Трасса является сложной, если она состоит из двух или нескольких участков различного направления, соединенных между собой, или если она проходит по всем бортам карьера. Трассы внешних траншей всегда простые, внутренние траншеи имеют обычно сложные трассы.

Форма трассы в плане устанавливается в соответствии с размерами карьерного поля, руководящим подъемом и элементами профиля.

Если действительная длина трассы внутренних траншей не превышает протяженности карьера по простиранию на соответствующем горизонте L_k , то простая трасса полностью разместится на одном борту. Однако условие $L_0 = K_y H_k / i_p \leq L_k$ выполняется только при благоприятном соотношении протяженности карьерного поля L_k и глубины карьера H_k при данном руководящем подъеме i_p и коэффициенте удлинения трассы K_y .

Если $L_0 = K_y H_k / i_p > L_k$, то при трассировании возможны следующие два случая.

1. Трассу располагают на одном борту карьера и изменяют ее направление с прямого на обратное столько раз n_1 , сколько это необходимо для размещения трассы:

$$L_0 = K_y H_k / i_p = n_1 L_k$$

Величина n_1 может быть целым или дробным числом. Прямые участки трассы соединяют при этом посредством тупиков или петель малого радиуса. Петлевое соединение (рис. 56, а) обычно применяют при автотранспорте, а тупиковое (рис. 56, б) – при железнодорожном транспорте.

Размещение всей трассы на одном борту карьера рационально при разработке залежи от лежачего к висячему боку и параллельном подвигании фронта. Однако наличие тупиков резко снижает провозную способность трассы, так как в тупиках изменяется направление движения поезда, что требует его торможения и остановки. Усложняется и организация движения. Поэтому тупиковые трассы не следует применять, по крайней мере, на группе верхних горизонтов карьера.

l_n – длина площадки примыкания

2. Трассу проводят с одного борта на другой столько раз n_2 , сколько необходимо для ее размещения на соответствующих

горизонтах бортов при средней протяженности их периметра $P(m)$:

$$K_y H_k / ip = n 2P.$$

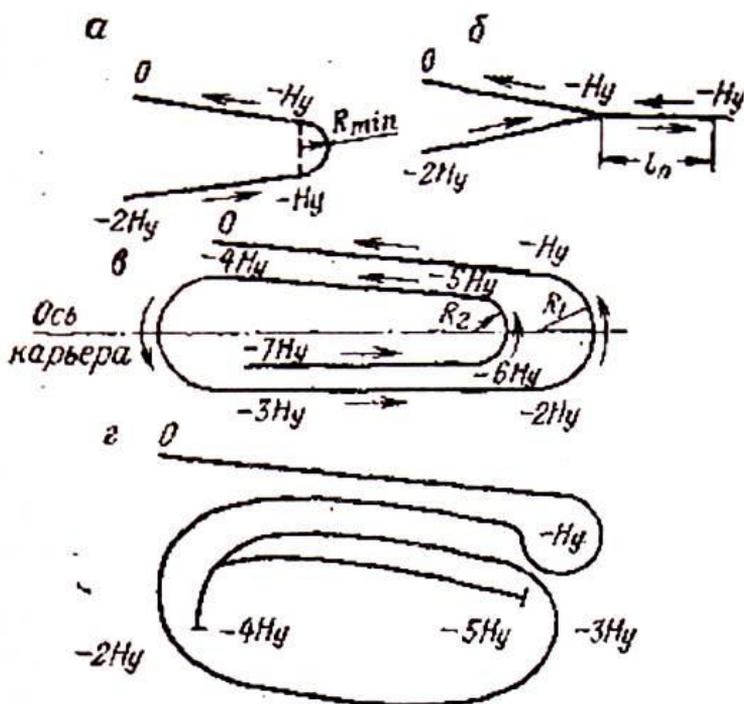


Рис. 56. Схемы трассы в плане:

В этом случае трасса опоясывает карьер в виде спирали (рис. 56, в). Спиральная трасса включает криволинейные участки, которые располагаются на торцовых бортах карьера и обычно имеют большой радиус. Размещение кривых в этом случае не вызывает затруднений и, как правило, не требуется специально создавать полунасыпи или полувыемки.

Часто внутренняя трасса включает одновременно прямые, спиральные и тупиковые (петлевые) участки (рис. 56, г). При устройстве таких сложных трасс улучшаются условия вскрытия отдельных горизонтов, эффективность работы карьерного транспорта и применение рациональной системы разработки.

Внутренняя трасса является непосредственным продолжением внешней. Такую смешанную трассу обычно применяют для вскрытия в глубоких карьерах: несколько верхних горизонтов вскрываются с использованием внешней трассы, а к нижележащим горизонтам карьера подводится внутренняя трасса.

Углубление трассы внутренних капитальных траншей определяется через среднюю величину ее уклона и действительную длину.

Простую трассу применяют при разработке месторождений, имеющих значительное простирание при небольшой глубине карьера, а тупиковую – при относительно небольших размерах месторождения по простиранию, особенно при крутом падении, когда размеры карьера вкрест простирания невелики. Петлевою трассу создают при вскрытии внутренними траншеями, если используется автотранспорт, и, когда это возможно, при железнодорожном транспорте. Спиральную трассу устраивают, если применение петлевой или тупиковой трассы невозможно или нерационально по условиям залегания рудных тел, разноса бортов, требуемой провозной способности, эффективности работы карьерного транспорта. Переустройство, железнодорожных путей при спиральной трассе весьма затруднено и поэтому она в этом случае должна быть стационарной. При автомобильном транспорте периодическое переустройство автодорог вполне допустимо.

Контрольные вопросы:

1. Что называется трассой траншеи?
2. В чем заключается трассирование пути?
3. Какая трасса называется простой?
4. Какая трасса называется сложной?
5. В каких случаях применяют смешанные трассы?

3.4. Объемы капитальных траншей и полутраншей

Объем отдельной наклонной траншеи V_T при горизонтальной поверхности и конечной глубине H , ширине дна b и углах откоса бортов траншеи α определяется суммой объемов правильных геометрических фигур, составляющих траншею (рис. 57, а):

объема фигуры A , представляющей собой среднюю часть наклонной траншеи;

объемов фигур $2B$, образованных вследствие разноса бортов;

объемов D и $2F$, представляющих собой торцовую (забойную) часть траншеи после ее проведения.

Из рис. 57, а следует, что A – прямая полупризма, в основании которой лежит прямоугольник со сторонами b и H . Ее высота равна $H/\operatorname{tg} I$ или H/i ; объем (м^3)

$$A = b H^2 / (2i),$$

где I – угол наклона подошвы траншеи, градус, i – уклон траншеи.

Фигура B – пирамида, в основании которой лежит прямоугольный треугольник площадью $H^2 / (2\operatorname{tg} \alpha)$; высота ее равна H/i , а объем (м^3)

$$2B = H^3 \operatorname{ctg} \alpha / (3i).$$

Фигура D – прямая полупризма с площадью основания bH и высотой $H/\operatorname{tg} \alpha$; ее объем (м^3)

$$D = b H^2 \operatorname{ctg} \alpha / 2.$$

Фигура F – часть конуса, в основании которого лежит четверть круга радиусом $H/\operatorname{tg} \alpha$, а высота равна H ; ее объем (м^3)

$$2F = \pi H^3 \operatorname{ctg}^2 \alpha / 6.$$

Таким образом, объем отдельной наклонной траншеи (m^3)

$$V_m = A + 2B + D + 2F.$$

При наклонных траншеях, имеющих небольшой уклон, величины D и $2F$ незначительны и ими можно пренебречь. Тогда

$$V_T' = A + 2B = \frac{H^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{H \operatorname{ctg} \alpha}{3} \right).$$

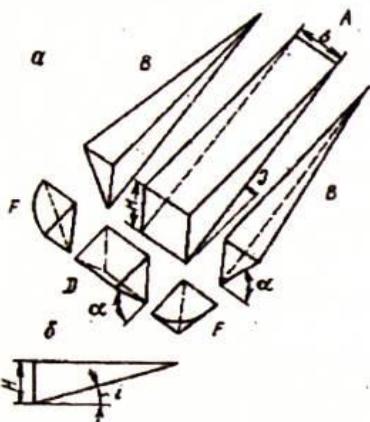


Рис. 57. Схема к расчету объема наклонной траншеи

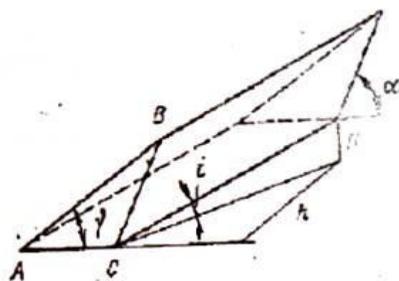


Рис. 58. Схема к расчету объема наклонной полутраншеи

Если объем траншеи определяется с учетом разноса торцевой части (при уклонах более 40%), то следует суммировать объемы $A + 2B + D + 2F$. В этом случае

$$V_T' = \frac{H^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{H \operatorname{ctg} \alpha}{3} \right) + H^2 \operatorname{ctg} \alpha \left(\frac{b}{2} + \frac{\pi H \operatorname{ctg} \alpha}{6} \right).$$

Строительный объем (m^3) отдельной наклонной полутраншеи $V_{п.т}$ при глубине (высоте) H , уклоне i , угле откоса косогора γ и угле откоса борта полутраншеи α равен объему наклонной

призмы, в основании которой лежит $\triangle ABC$ и высота которой равна h (рис. 58):

$$V_{n.m} = \frac{Hb^2 \sin \alpha \sin \gamma}{2 \sin(\alpha - \gamma)} \sqrt{\frac{1}{i^2} - \frac{1}{tg^2 \gamma}}.$$

При $\gamma \geq 10^\circ$ объем полутраншеи (m^3) может определяться по более простой, но достаточно точной формуле

$$V'_{n.m} = \frac{Hb^2 \sin \alpha \sin \gamma}{2i \sin(\alpha - \gamma)}.$$

Наклонные полутраншеи обычно проводят на косогорах и отстроенных бортах карьеров. В последнем случае их называют наклонными съездами или просто съездами.

При сложном рельефе поверхности месторождения и криволинейной форме внешних траншей в плане для определения их объемов строят ряд параллельных поперечных вертикальных сечений в характерных местах продольного профиля траншей (рис. 59). Затем планиметром определяют площади этих сечений и подсчитывают объем траншеи (m^3) как сумму объемов отдельных блоков:

$$V_r = \frac{1}{2} [(S_1 + S_2)l_1 + (S_2 + S_3)l_2 + \dots + (S_{n-1} + S_n)l_{n-1}],$$

где S_1, S_2, \dots, S_n — площади поперечных сечений траншеи, m^2 ; l_1, l_2, \dots, l_n — длины отдельных блоков, на которые разделяется траншея, m .

Точность подсчетов объемов по этому методу тем больше, чем меньше расстояние между параллельными поперечными сечениями. При сложной форме траншеи в плане и резко изменяющемся рельефе поверхности особенно важно принимать достаточно большое число поперечных сечений.

Строительные объемы общих и групповых внутренних траншей равны сумме объемов отдельных траншей и полутраншей. Строительные объемы групповых и общих внешних траншей, при прочих равных условиях, зависят от формы их поперечного сечения, конструкции пунктов примыкания, числа вскрываемых уступов и транспортных выходов из траншей.

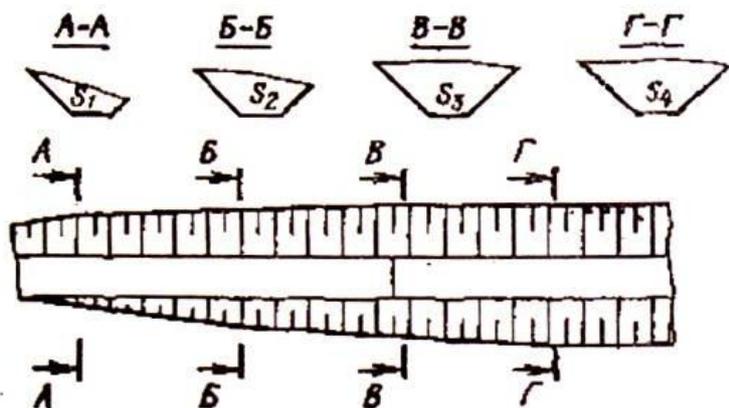


Рис. 59. Схема к расчету объема капитальной траншеи при сложной поверхности

Групповая или общая траншея может быть выполнена в двух вариантах. При первом варианте (рис. 60, а) выход из траншеи – общий для всех горизонтов, а при втором (рис. 60, б) – выход на поверхность с каждого уступа устраивается независимым.

При двух вскрываемых уступах объем внешней траншеи (m^3) с общим выходом определяется по формулам:

при одностороннем примыкании путей рабочих горизонтов

$$V_T = \frac{4H_y^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{2H_y}{3 \operatorname{tg} \alpha} \right) + \frac{(b_T + b_n)H_y^2}{i};$$

при двустороннем примыкании

$$V_T = \frac{4H_y^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{2H_y}{3 \operatorname{tg} \alpha} \right) + \frac{2b_T H_y^2}{i},$$

где b_T и b_{Π} — ширина соответственно транспортных и предохранительных берм, м.

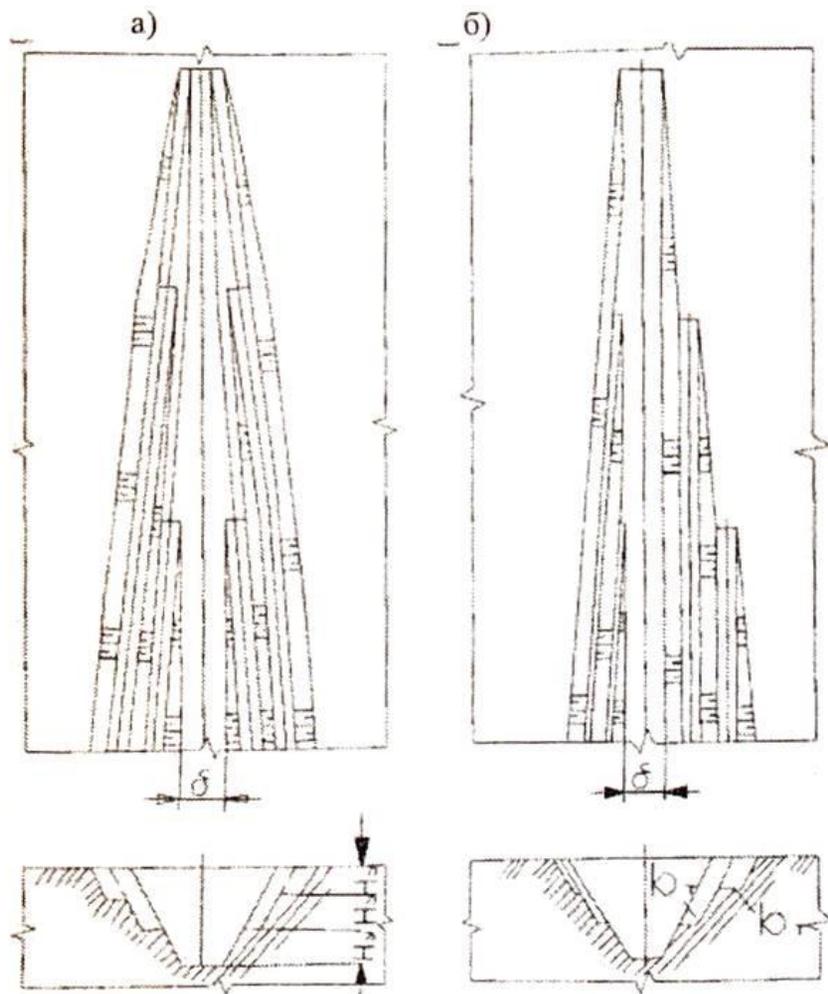


Рис. 60. Схемы внешних траншей: а) групповая траншея; б) общая траншея.

При независимом выходе на поверхность с каждого уступа объем внешней траншеи меньше и определяется, например, для тех же условий при одностороннем примыкании путей по формуле

$$V_T = \frac{4H_y^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{2H_y}{3\operatorname{tg}\alpha} \right) + \frac{(b_T + b_n)H_y^2}{2i};$$

При применении конвейерного транспорта строительный объем (м^3) внешней траншеи ограничивается проектным положением откоса нерабочего борта карьера и определяется по формуле

$$V_T = \frac{H^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{H_y}{3\operatorname{tg}\alpha} \right) - \frac{H^2}{\operatorname{tg}\alpha} \left(\frac{b}{2} + \frac{H}{2\operatorname{tg}\alpha} \right).$$

В настоящее время на практике и в проектах часто применяются глубокие внешние траншеи с общим транспортным выходом. Это объясняется тем, что такие траншеи, как правило, проводятся в обводненных мягких и сыпучих породах и при первом варианте вскрытия упрощается осушение горизонтально залегающих породных слоев; кроме того, сокращается протяженность железнодорожных путей и контактной сети. Вместе с тем проведение траншеи с независимым выходом на поверхность, наряду с сокращением объема горно-строительных работ, позволяет интенсифицировать строительство карьера. Они перспективны при вскрытии глубокозалегающих месторождений.

Общий горно-строительный объем внешней траншеи при железнодорожном транспорте должен определяться с обязательным учетом размещения кривых примыкания (рис. 61, а). Дополнительный объем работ V_k (м^3) при устройстве кривой примыкания на одном борту траншеи, вскрывающей один уступ, может быть приближенно определен разницей между объемом четырехгранника (рис. 61, б) с основаниями в плане *ОВДБ* и

ОГДА и объемом части усеченного конуса с основаниями в плане ОВБ и ОГА при высоте каждого из них H_y .

В общем случае при вскрытии внешней траншеей п уступов

$$V_{\kappa} = K \sum_{k=1}^n H_{y_k} (R_k^2 - R_k H_{y_k} \operatorname{ctg} \alpha),$$

где K – коэффициент, зависящий от числа сторон примыкания (при кривых примыкания на одном и обоих бортах соответственно $K=0,215$ и $K=0,43$); R_k – радиус кривой примыкания на k -м уступе, м ($R_{\min} = 250$ м).

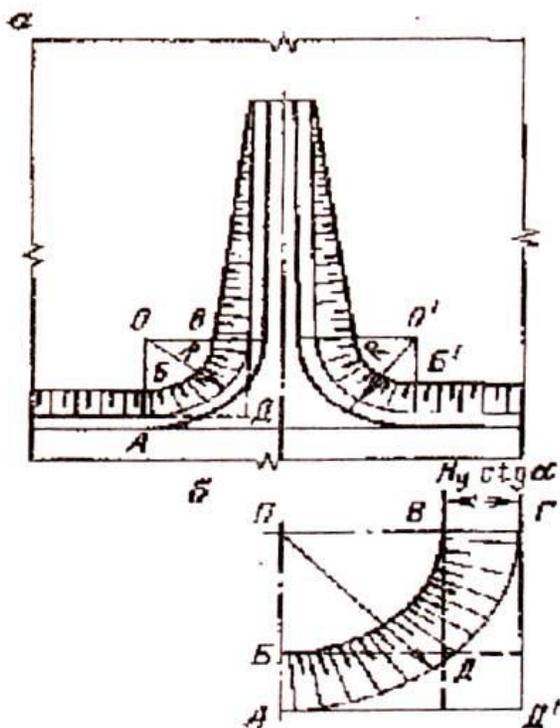


Рис. 61. Схемы к определению объема примыкания внешней траншеи при применении железнодорожного транспорта.

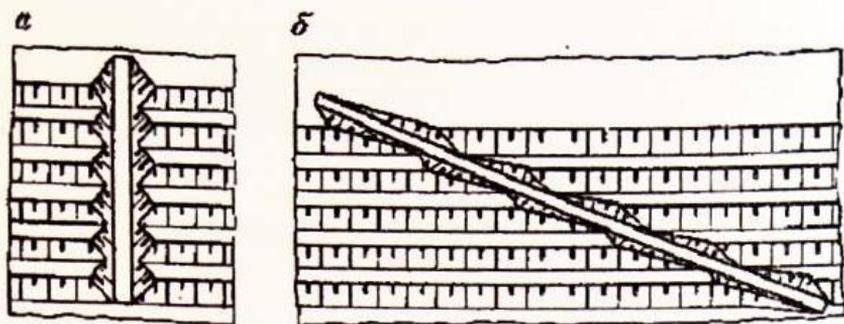


Рис. 62. Схемы крутых траншей.

Общий объем внешней траншеи $V_{в.т} = V_1 + V_к$.

Крутые траншеи в карьерах глубинного вида обычно имеют внутреннее заложение. По расположению относительно борта карьера они подразделяются на поперечные и диагональные.

Поперечные крутые траншеи (рис. 62, а) применяют в тех случаях, когда общий угол откоса борта карьера не превышает предельного угла подъема транспортных средств, что характерно при скиповых и клетевых подъемниках. Диагональные крутые траншеи (рис. 62, б) обычно применяют для размещения конвейерных или автомобильных подъемников. Эти траншеи характерны при оставлении на нерабочем борту транспортных бERM (съездов), ширина которых $b_t > 12 \div 15$ м. Если борт имеет только сравнительно узкие предохранительные бERMы или сдвоенные (строенные) уступы, то для размещения конвейерного подъемника проводится крутая полутраншея или вскрывающая выработка, представляющая собой комбинацию крутых траншей и полутраншей.

Горно-строительный объем внутренней крутой траншеи (m^3)

$$V_T = H^2 (ctg I - ctg \gamma_{н}) \left[\frac{b}{2} + \frac{H}{3} (ctg I - ctg \gamma_{н}) \frac{ctg \alpha}{ctg I} \right],$$

где H – глубина траншеи, м; I – угол наклона траншеи, градус; γ_n – угол откоса нерабочего борта карьера, градус; b – ширина дна крутой траншеи, м; α – угол откоса бортов траншеи, градус.

Объем крутой полутраншеи определяется аналогично объему наклонной полутраншеи.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется объем отдельной наклонной траншеи?
2. Покажите схему к расчету объема наклонной траншеи.
3. Что называется съездом?
4. Чему равны строительные объемы общих и групповых внутренних траншей?
5. По какой формуле определяется объем внешней траншеи?

3.5. Разделение карьерного поля на выемочные слои

Открытые горные работы характеризуются определенным порядком выемки и перемещения полезного ископаемого, покрывающих и вмещающих пород. Для планомерной разработки пород и рационального использования оборудования карьерное поле разделяют на отдельные выемочные слои, в большинстве случаев горизонтальные (см. рис. 63). Выемку слоев производят последовательно сверху вниз, независимо от направления напластования пород.

Возможное число слоев зависит от глубины и размеров карьера в плане. Мощность слоев по глубине карьера может быть различной. При одновременной отработке слоев формируются уступы.

Число уступов по залежи в профиле карьерного поля зависит от мощности залежи (рис. 63), угла ее падения, трудности разработки пород, применяемых выемочно-погрузочных и транспортных средств.

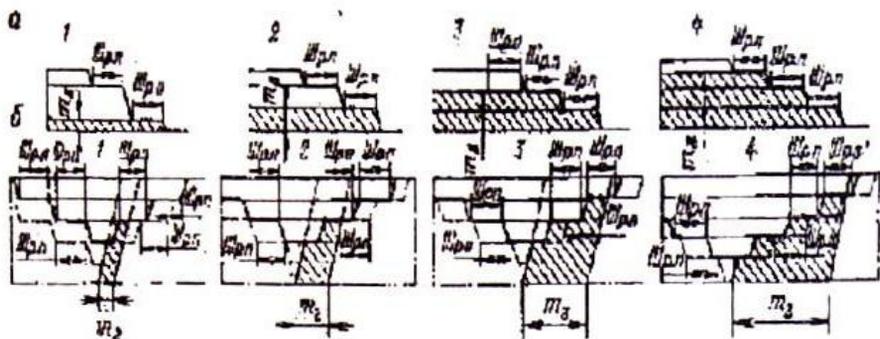


Рис. 63. Схемы залежей полезного ископаемого:

а – горизонтальных; б – наклонных и крутых; 1, 2, 3 и 4 – соответственно залежи весьма малой, малой, средней мощности и мощные;

$Ш_{рп}$ – ширина рабочей площадки уступа

Залежи весьма малой мощности обрабатывают одним уступом; при этом горизонтальные залежи с вертикальной мощностью $m_b \leq 2 \div 3$ м неэффективно разрабатывать однокосовыми экскаваторами, а при наклонных и крутых залежах с горизонтальной мощностью $m_r \leq 20 \div 40$ м нарезка нового уступа связана не только с полной выемкой полезного ископаемого на вышележащем горизонте, но и с дополнительным подвиганием уступа по вмещающим породам (рис. 63, а, 1 и б, 1). Выемка полезного ископаемого из горизонтальных залежей малой мощности ($m_b = 4 \div 20$ м) производится одним уступом нормальной высоты, а при наклонных и крутых залежах ($m_r = 20 \div 40$ м) нарезка очередного уступа возможна после выемки залежи на вышерасположенном горизонте (рис. 63, а, 2 и б, 2). Залежи средней мощности ($m_b = 15 \div 40$ м, $m_r = 50 \div 120$ м) в одном профиле карьера можно одновременно разрабатывать двумя уступами (рис. 63, а, 3 и б, 3). Мощные залежи ($m_b > 20 \div 40$ м, $m_r > 80 \div 150$ м) разрабатывают тремя или более уступами или подступами.

Иногда при пологих и наклонных залежах разработку ведут наклонными слоями (уступами) различной мощности (в

зависимости от мощности пластов) по напластованию пород (рис. 64, а). Отдельные пласты разрабатывают последовательно, с опережением. В редких случаях разработку производят крутыми (более $25-30^\circ$) слоями, начиная от середины карьерного поля к его границам (рис. 64, б).

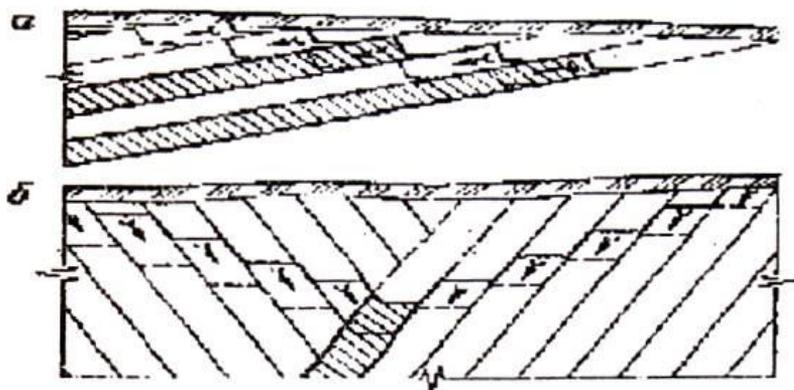


Рис. 64. Схемы разработки залежей наклонными и крутыми слоями.

Такая выемка возможна только при разработке крутых залежей и однородных каменных массивов. Она позволяет в устойчивых массивах обеспечить более крутые в данных условиях откосы рабочих бортов карьера и сократить текущие объемы вскрышных работ. Однако при такой выемке существенно усложняются вскрытие горизонтов и транспортирование горной массы.

Контрольные вопросы:

1. Почему карьерное поле разделяют на выемочные слои?
2. Какие слои называются горизонтальными?
3. Какие слои называются наклонными?
4. Чему равен угол наклона у крутых слоев?
5. Сколькими уступа отработывают залежи весьма малой мощности?

ГЛАВА 4. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

4.1. Общие сведения о комплексной механизации открытых горных работ

Технологическая сущность основных процессов заключается в изменении агрегатного состава и пространственного положения породы. Порода вовлекается в отдельные процессы последовательно или практически одновременно. При выполнении нескольких технологических процессов одним и тем же оборудованием элементарный объем породы (например, 1 м³) участвует в них последовательно (например, при разработке породы скрепером) или одновременно, когда отдельные процессы физически совмещаются, например погрузка, перемещение и складирование породы вскрышным экскаватором в выработанное пространство.

Процессы бурения, взрывания и выемки могут выполняться со значительным опережением в пространстве и времени относительно друг друга. Выемочно-погрузочные работы и транспортирование связаны между собой гораздо более жестко. Взаимосвязь всех технологических процессов и степень зависимости их определяется общей целью – создать элементарные, уступные и карьерные грузопотоки определенной мощности.

Для бесперебойного элементарного грузопотока необходимо иметь начальный и конечный склады этих грузов. Поэтому в действительности понятие элементарного грузопотока шире, чем ранее приведенное, и включает сам поток горной массы, ее запасы, находящиеся в различной стадии вовлечения в технологические процессы, а также определенную вместимость отвала или другого разгрузочного пункта.

Грузопотоки создаются цепочкой взаимосвязанных машин и механизмов, последовательно осуществляющих полный цикл основных (технологических) и вспомогательных процессов. Каждая такая цепочка машин и механизмов является комплексом горного и транспортного оборудования.

При комплексной механизации горных работ тяжелый ручной труд вытеснен не только из основных, но и вспомогательных процессов.

Под комплектностью механизации понимается качественное (по видам и моделям) и количественное соответствие входящих в комплекс средств механизации по основным и вспомогательным процессам. Комплектное построение механизации характеризуется суммарной производительностью оборудования по смежным технологическим процессам, соответствующей требуемой мощности грузопотока.

Комплексная механизация и автоматизация основных и вспомогательных процессов, освоение более совершенного и производительного горного и транспортного оборудования совместно с совершенствованием технологии и организации открытых горных работ – основные факторы технического прогресса горного производства.

4.2. О разработке горных пород

Сущность технологических процессов горных работ состоит в преодолении сопротивления пород отделению от массива, их разрушению и перемещению.

Сопротивление пород для каждого последующего процесса объясняется рядом факторов.

1. При выполнении технологических процессов из первоначального естественного состояния (в массиве) порода переходит в искусственно измененное состояние: скальные и полускальные породы при выемке переходят в группу разрушенных пород, а плотные и мягкие породы – в разрыхленное состояние.

2. Состояние уже искусственно измененной породы неодинаково после каждого технологического процесса. Например, разные кусковатость и степень разрыхления разрушенной породы, находящейся в развале и в отвальном бункере, обуславливают разное сопротивление разработке и различную техническую производительность однотипных экскаваторов в карьерных и отвальных забоях. Разным числом свободных поверхностей и соответственно степенью дробления характеризуется первичное и вторичное взрывание породы и т. д.

3. Каждый процесс характеризуется приложением к породе разнородных внешних усилий. Сопротивление породы одного состава и физическое состояние не может быть одинаковым в каждом процессе.

4. Сопротивление породы при выполнении отдельных процессов неодинаково. В разных объемах агрегатный состав породы непостоянный.

5. Сопротивление данной породы при выполнении одного и того же процесса изменяется при использовании разнотипных средств механизации и их разной мощности. Характеристики разрабатываемых пород не должны рассматриваться изолированно от средств механизации процессов. Например, неодинаковы показатели сопротивления породы шарошечному и пневмоударному бурению, выемке мехлопатами и роторными экскаваторами и т. д.

Горно-технологическими характеристиками пород при выполнении процессов можно управлять, выбрав определенным образом средства механизации процессов и технологические параметры рабочих мест (забоев, транспортных коммуникаций и т. д.). *Важно не просто осуществить отделение от массива, разрушение и перемещение горных пород, но и обеспечить высокую производительность средств механизации в каждом процессе, их надежность в работе и долговечность эксплуатации.* Например, технически возможно осуществить перемещение в вагонах очень крупных породных кусков, но это ненормально,

так как ведет к увеличению продолжительности погрузки вагонов и их разгрузки, обуславливает быстрый их износ.

При всем разнообразии разрабатываемых горных пород, условий их залегания и применяемой техники можно установить ряд общих положений для приближенной относительной оценки трудности разработки горных пород:

1. Рациональная горная технология характеризуется как минимальным числом технологических процессов, так и минимальными общими затратами энергии и труда на их осуществление. При этом должно быть обеспечено: воссоздание нормальных условий для выполнения очередного цикла горных работ, получение продукции требуемого качества, максимально возможное сохранение окружающих природных условий.

2. Затраты энергии и труда, отнесенные к 1 м^3 горной массы, зависят от: показателей трудности разрушения породы; климатических, топографических и гидрогеологических условий разработки; масштаба горных работ и размеров карьерного поля; применяемых технических средств для выполнения технологических процессов; требуемой крупности кусков отделяемой и перемещаемой породы; организации производства отдельных процессов и горных работ в целом.

3. Состоянием и свойствами пород при выполнении отдельных технологических процессов можно управлять путем подбора состава и технологии предшествующих процессов (например, выбором крупности первичного разрушения в совокупности с выбором вида и параметров применяемых горных и транспортных машин). Такой выбор обязателен, так как именно в результате него достигаются минимальные общие затраты на единицу продукции. Увеличение степени дробления и измельчения пород, достигнутое при выполнении предыдущих технологических процессов, как правило, связано с уменьшением затрат на выполнение последующих технологических процессов.

Вместе с тем управление свойствами пород при построении рациональной технологии имеет технические, организационные и экономические ограничения. Например, увеличение степени

дробления пород взрывом при росте расхода ВВ имеет пределы, обусловленные параметрами развала, распределением энергии ВВ на дробление и перемещение породы, размерами зоны разлета породных кусков и т. д.

4. Затраты на перемещение разрабатываемых горных пород зависят в основном от параметров карьера и расположения приемных и перегрузочных сооружений на поверхности и в карьере. Так как затраты на транспортирование составляют от 40 до 70 % общих затрат на разработку пород, все предшествующие и последующие технологические процессы обычно стремятся механизировать и выполнять так, чтобы создать наиболее благоприятные условия для работы карьерного транспорта. Поэтому и достигнутые в результате выполнения процессов, предшествующих перемещению, горно-технологические характеристики горной породы должны обеспечить эффективную работу конкретного вида транспорта.

5. Опыт работы показывает, что в зависимости от вида разрабатываемой породы и требований, предъявляемых к транспорту, совокупные затраты энергии, труда и материалов (в стоимостном выражении) на выполнение всех производственных процессов, предшествующих перемещению (без учета масштаба разработки), отнесенные к 1 м^3 породы, изменяются в диапазоне 1:25. Точность расчета экономических показателей горной технологии обычно также не превышает 5 %.

С учетом приведенных положений в качестве физико-технической и обобщенной технологической основы сопоставления горных пород по сопротивлению выполнению процессов (предшествующих перемещению) предлагается принимать относительный показатель трудности разработки породы $\Pi_{m,p}$. Показатель $\Pi_{m,p}$ характеризует породу в естественном состоянии (в массиве) и вместе с тем учитывает последующие изменения горно-технологических характеристик породы после выполнения процессов подготовки к выемке, выемки и погрузки.

При указанных предпосылках $\Pi_{m,p}$ приближенно может быть определен из выражения

$$P_{m,p} = 1/3(P_6 + P_8 + P_2),$$

где P_6 , P_8 и P_2 – соответственно показатели трудности бурения, взрывания и экскавации горной породы.

Численно показатели P_6 , P_8 и P_2 характеризуются категориями породы по буримости, взрываемости и экскавируемости.

По относительной трудности разработки горные породы в соответствии с величиной $P_{m,p}$ подразделяются на 5 классов и 25 категорий:

класс – легкоразрабатываемые ($P_{т.р}=1÷5$); категории трудности разработки 1, 2, 3, 4, 5;

класс – средней трудности разработки ($P_{т.р} 6÷10$); категории 6, 7, 8, 9, 10;

класс – трудноразрабатываемые ($P_{т.р}=11÷15$); категории 11, 12, 13, 14, 15;

класс – весьма трудно разрабатываемые ($P_{т.р}=16÷20$); категории 16-20;

V класс – исключительно трудно разрабатываемы ($P_{т.р}=21÷25$); категории 21, 22, 23, 24, 25.

Отличительные черты пород каждого класса;

I класса – возможность их разработки без предварительной подготовки к выемке;

II класса – возможность разработки без производства взрывных работ, но с обязательной предварительной подготовкой к выемке, например осушением, механическим рыхлением, динамическим отколом от массива и т. п.;

III класса – необходимость предварительного взрывания при относительно небольшом расходе ВВ (породы I–II классов по взрываемости);

IV класса – необходимость взрывания при большом расходе ВВ (III–IV классы пород по буримости и взрываемости);

V класса – исключительная трудность бурения и взрывания

(породы V класса по буримости и взрываемости и внекатегорные).

Одна и та же порода при разных требованиях к подготовке ее для перемещения может характеризоваться разными показателями $P_{т.р}$. Показатель $P_{т.р}$ вводят для приближенной относительной оценки затрат на выполнение отдельных процессов при укрупненных экономико-технологических расчетах и первоначального выбора комплексов оборудования.

Контрольные вопросы:

1. Что Вы понимаете под комплектность механизации?
2. В чем сущность технологических процессов горных работ?
3. Какими факторами объясняется сопротивление пород для каждого последующего процесса?
4. По какой формуле определяется показатель трудности разработки породы?
5. В чем отличительные черты пород каждого класса, разделенных по относительному показателю трудности разработки?

4.3 Выбор технологического комплекса оборудования

Формирование общего представления о будущем карьере дает основание для выбора технологического комплекса оборудования. Этот выбор начинается с выбора технологической схемы открытой разработки месторождения, неразрывно связанной с технологическим комплексом оборудования, и уточнения области применения выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

На выбор технологической схемы открытой разработки месторождения определяющее влияние оказывают размеры месторождения и угол падения залежей, только совместное рассмотрение которых позволяет выбрать систему разработки (рис.65.), определить размещение отвалов и обосновать технологическую схему разработки.

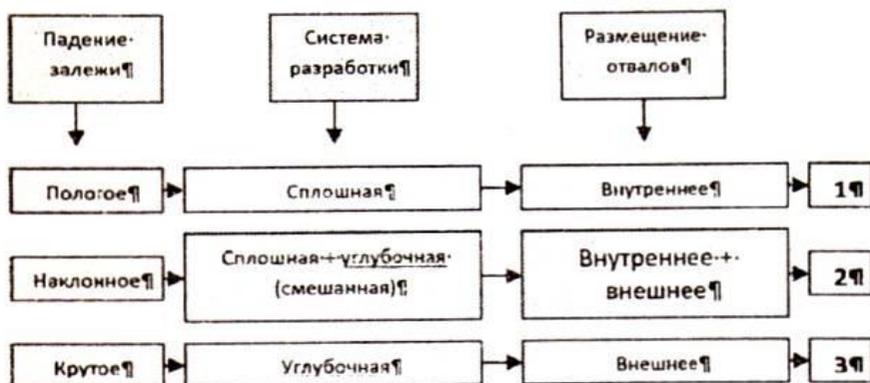


Рис. 65. Схема взаимосвязей угла падения залежи с технологической схемой открытой разработки месторождения

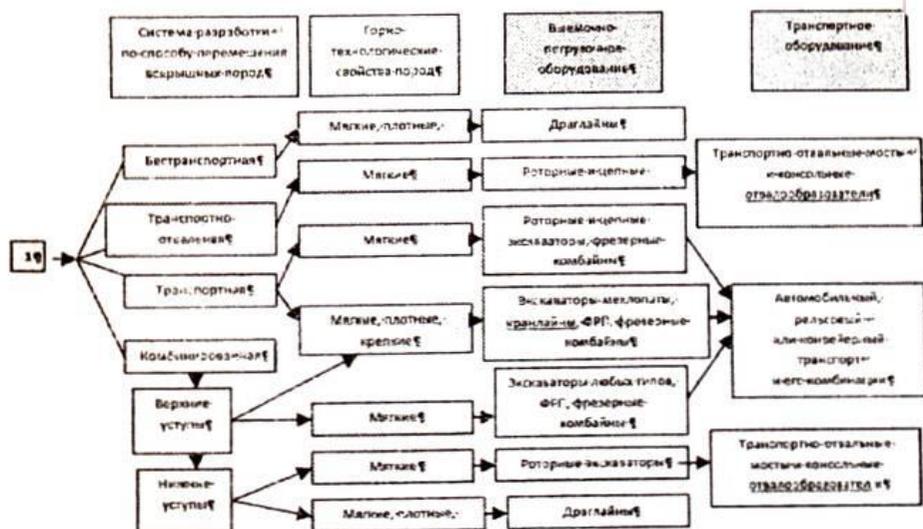


Рис. 66. Схема выбора комплекса оборудования для вскрышных работ при отработке пологих залежей (продолжение рис. 65)

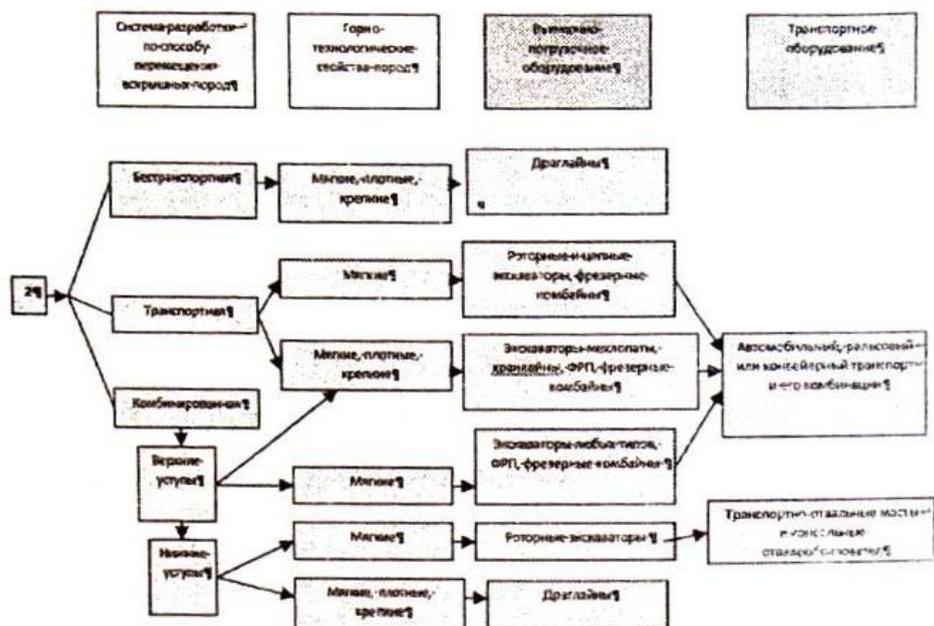


Рис. 67. Схема выбора комплекса оборудования для вскрышных работ при отработке наклонных залежей (продолжение рис. 65)

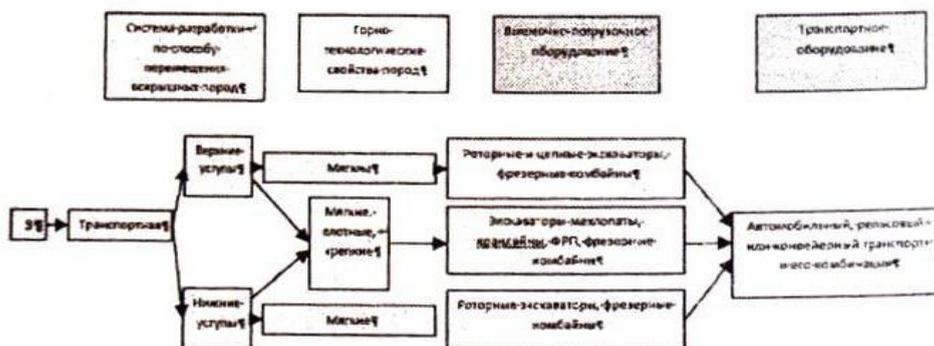


Рис. 68. Схема выбора комплекса оборудования для вскрышных работ при отработке крутопадающих залежей

В частности, на рис. 66, 67 и 68, являющихся логическим продолжением рис. 65, представлены схемы выбора оборудования для вскрышных работ в зависимости от принятой технологической схемы при отработке месторождений с разными углами падения залежей в зависимости от способа перемещения вскрышных пород, горно-технологических свойств разрабатываемых пород, применяемого выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

Схемы выбора технологических комплексов оборудования для вскрышных работ, приведенные на рис. 65, 66, 67, и 68, в зависимости от условий залегания показывают возможность применения многочисленных вариантов технологических комплексов. Для того чтобы количество таких вариантов уменьшить, вводится еще один показатель – размер карьерного поля. В этой же таблице выделены комплексы, которые могут применяться для разработки только мягких пород без предварительного рыхления.

Контрольные вопросы:

1. Что влияет на выбор технологического комплекса оборудования карьера?
2. По каким критериям производится выбор комплекса оборудования для отработки залежей?

4.4. Принципы комплексной механизации

Комплекс основного горного и транспортного, вспомогательного и дробильно-сортировочного оборудования должен обеспечить планомерную, в соответствии с мощностью грузопотока, подготовку пород к выемке, их выемку и погрузку, перемещение, складирование и иногда первичную переработку в пределах каждой технологической зоны карьера, в которой формируется грузопоток.

В технологии горных работ может отсутствовать необходимость выполнения отдельных процессов (в основном подготовки пород к выемке, транспортного перемещения), а в комплексе оборудования – соответствующие специальные средства механизации. При погрузке полезного ископаемого в вагоны МПС могут, естественно, отсутствовать средства механизации складирования. Во всех случаях комплекс оборудования включает машины и механизмы, обеспечивающие выемку и перемещение горных пород.

Комплексная механизация горных работ на карьерах развивается на основе освоения поточной технологии, а также максимально возможного совмещения отдельных операций при выполнении основных процессов. Поточная технология достигается легче при использовании машин непрерывного действия. Однако можно создать ритмичный поток и при экскаваторах цикличного действия, а также при железнодорожном и автомобильном транспорте.

Следует помнить, что большинство производственных процессов открытых горных работ, включая работу цепных и роторных экскаваторов, выполняется повторяющимися циклами меньшей или большей длительности.

Принято считать, что технология с использованием цепных и роторных экскаваторов и конвейеров является непрерывной и ее называют поточной. Однако полный технологический цикл открытых разработок всегда является циклично-поточным, поскольку в результате горных работ образуются *грузопотоки*.

Основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования, заключаются в следующем:

1. В комплекс оборудования должны входить только *машины, паспортные*. Для экскаваторно-транспортно-отвальных комплексов оборудования характерно использование при выемке и погрузке экскаваторов цикличного действия, а для перемещения – практически всех известных видов транспорта (рис. 69, г).

Выемочно (экскаваторно) – транспортно-разгрузочные комплексы оборудования (ВТР и ЭТР) отличаются наличием разгрузочных устройств на поверхности или у потребителей (рис. 69, д, е).

2. Дальнейшая дифференциация комплексов оборудования производится в тесной характеристике которых соответствуют горно-технологическим характеристикам пород при выполнении каждого процесса (их буримости, взрываемости, экскавируемости, транспортируемости).

3. Комплекс оборудования должен соответствовать климатическим и горно-геологическим условиям разработки (залеганию, структуре залежи, обводненности, топографическим условиям и т. п.); горные и транспортные машины должны в одинаковой степени обеспечивать техническую возможность выполнения технологических процессов при изменении горно-геологических условий работ, трудности разработки пород и качества полезного ископаемого.

4. Комплекс оборудования должен соответствовать принятым системам разработки и вскрытия, размерам и форме карьера, его мощности, сроку строительства и эксплуатации, организационным условиям ведения горных работ, а также средствам механизации, устанавливаемым у потребителей сырья – на дробильной и обогащательной фабрике, ТЭЦ, складе и т. п.

5. Чем меньше число действующих машин и механизмов входит в комплекс, тем надежнее, производительнее и экономичнее его работа.

6. Отдельные машины и механизмы комплекса по своим параметрам должны соответствовать друг другу (высота погрузки и разгрузки, отношение геометрических емкостей, динамические нагрузки и т. д.), как правило, быть типовыми и серийными, чтобы была возможна замена. Оборудование, изготовляемое по специальным заявкам, следует применять лишь в особых случаях – при уникальных масштабах горных работ или специфических условиях залегания месторождения, когда

применение стандартного оборудования не обеспечивает достижения должного эффекта.

7. Коэффициент резерва мощности и технической производительности отдельных машин по сравнению со среднечасовыми показателями их работы в соответствии с характером горного производства должен быть не менее 1,2–1,3 (при разработке мягких пород) и не более 1,5–1,7 (при разработке скальных и разнородных пород).

8. Комплексы по возможности следует обеспечивать машинами и механизмами непрерывного действия.

9. Следует по возможности отдавать предпочтение одной мощной машине взамен нескольких машин меньшей мощности. Однако применение высокопроизводительной мощной машины с большой энерго- и металлоемкостью при недостаточной ее годовой загрузке ухудшает экономические показатели работы по сравнению с показателями работы двух машин, меньших по массе и мощности, но способных выполнить необходимый объем работ. Наилучший экономический эффект достигается всегда при условии полного использования мощности и производительности машин и механизмов, входящих в комплекс, в первую очередь ведущих машин комплекса оборудования.

10. Ведущими машинами, которым подчинены другие элементы комплекса, являются, как правило, выемочно-погрузочные машины и средства транспорта; при исключительно трудно-разрабатываемых породах ограничивать производительную работу всего комплекса могут буровые станки; в большинстве случаев производительность ограничивается возможностями карьерного транспорта. Следует отдавать предпочтение комплексам оборудования, при использовании которых минимально число трудоемких и слабомеханизированных вспомогательных процессов и операций. Комплектация средств механизации вспомогательных работ и процессов должна обеспечить минимальное время их выполнения.

11. Следует ориентироваться на использование мощных средств вспомогательной техники для обслуживания нескольких

комплексов оборудования при четком планировании и управлении их работой.

12. Любые комплексы оборудования должны, полностью удовлетворять требованиям безопасности горных работ, обеспечивать полноту извлечения запасов полезного ископаемого из недр, требуемое качество продукции и возможность комплексного использования всех видов и сортов полезных ископаемых.

На вскрышных и добычных работах в большинстве случаев целесообразно применять различные комплексы оборудования. В тех случаях, когда выделить самостоятельные уступы или блоки в пределах залежи полезного ископаемого не представляется возможным, может применяться и единый комплекс оборудования, имеющий лишь различные средства механизации складирования пород и полезного ископаемого.

Таким образом, основными принципами, на которых базируется формирование комплексов оборудования, являются: поточное производство, возможное совмещение процессов, кратчайшее расстояние перемещения горной массы, сокращение числа и объемов вспомогательных работ. В конкретных комплексах эти принципы определенным образом реализуются для получения наилучших технико-экономических показателей разработки, прежде всего по труду.

Контрольные вопросы:

1. Что должен обеспечить комплекс основного горного и транспортного, вспомогательного и дробильно-сортировочного оборудования?
2. Что включает в себя комплекс оборудования?
3. В чем заключаются основные требования, предъявляемые к комплексам оборудования?
4. Каким требованиям должны соответствовать комплексы оборудования?
5. Что должна обеспечить комплектация средств механизации вспомогательных работ и процессов?

4.5. Технологическая классификация комплексов оборудования

Комплексы оборудования, применяемые и внедряемые на карьерах, можно подразделить на шесть технологических классов (табл. 7).

При наличии выемочно-погрузочного оборудования непрерывного действия комплексы оборудования называются выемочными, а при выемочно-погрузочном оборудовании циклического действия – экскаваторными.

Комплексы оборудования для вскрышных работ обязательно включают средства механизации отвальных работ, а комплексы оборудования для добычных работ – средства механизации разгрузочных работ.

Выемочно-отвальные комплексы оборудования (ВО) включают роторные и цепные экскаваторы, консольные отвалообразователи или транспортно-отвальные мосты (рис. 69, а).

Таблица 7.

Технологическая классификация комплексов оборудования, применяемых при открытой разработке

Класс комплекса	Комплекс оборудования	Тип оборудования комплекса для		
		Выемочно-погрузочных работ	транспортирования	Отвалообразования и складирования
1	Выемочно-отвальный ВО)	Роторные и цепные экскаваторы	нет	Транспортно-отвальные мосты, консольные отвалообразователи
2	Экскаваторно-отвальный (ЭО, СО)	Роторные и цепные экскаваторы	нет	Вскрышные экскаваторы, скреперы

3	Выемочно-транспортно-отвалный (ВТО)	-Роторные цепные экскаваторы, гидроразрыв (м, п.) -скальные комбайны, специализированные экскаваторы (С, П.)	Конвейеры, гидротранспорт, железнодорожный транспорт и автопоезда	Консольные отвалообразователи, гидроотвалы (м, п.) -Отвалы машины (с, п.)
4	Экскаваторно-транспортно-отвалный (ЭТО)	Карьерные одноковшовые экскаваторы	Конвейеры, гидротранспорт (м, п.) -Автомшины, автопоезда, железнодорожный транспорт (с, п.)	Консольные отвалообразователи, гидроотвалы (м, п.) -Отвалы машины (с, п.)
5	Выемочно-транспортно-разгрузочный (ВТР)	-Роторные цепные экскаваторы, гидроразрыв (м, п.) -скальные комбайны, специализированные экскаваторы (С, П.)	Конвейеры и гидротранспорт (м, п.) Железнодорожный транспорт и автопоезда (с, п.)	Комплекс разгрузочно-приемного оборудования
6	Экскаваторно-транспортно – разгрузочный (ЭТР)	Карьерные одноковшовые экскаваторы	Железнодорожный транспорт и автопоезда (с, п.) Конвейеры и гидротранспорт (м, п.)	То же
М, п. – при мягких породах С, п. – при скальных породах				

экскаватор; ЭР – роторный экскаватор; ЭШ – драглайн; ЭВГ и ЭКГ – соответственно вскрышная и карьерная мехлопаты; О – консольный отвалообразователь; Аз – абзетцер; КЛЗ, КЛП, КЛН, КЛМ и КЛО – ленточные конвейеры соответственно забойный, передаточный, наклонный (подъемный), магистральный, отвальный; ГМ – гидромонитор; ЗГМ – землесос; П – пульвовод; БС – буровой станок; А – автотранспорт; ПД и ПСД – соответственно передвижная и полустационарная дробилки; ОФ – обогатительная фабрика.

Основными машинами экскаваторно-отвальных комплексов оборудования (ЭО) являются мощные вскрышные мехлопаты или драглайны, используемые для перевалки вскрышных пород в выработанное пространство (рис. 69, б, 1, 2). К этому же классу относятся комплексы скреперного оборудования (СО) (рис. 69, б, 3).

Характерной особенностью выемочно-транспортно-отвальных комплексов оборудования (ВТО) является непрерывность выемки мягких или мелкозсорванных скальных пород и транспор-тирования вскрышных пород (рис. 69, в).

Так как наиболее дорогостоящим и трудоемким процессом при открытой разработке является перемещение горных пород, минимальные затраты средств достигаются либо при перемещении пород в конечное положение по кратчайшему расстоянию, либо при использовании дешевых видов транспорта.

При разработке горизонтальных и пологих залежей часто все или часть вскрышных пород перемещают в выработанное пространство по кратчайшему расстоянию – поперек фронта работ уступа, совмещая при этом все или часть технологических процессов. При плотных и мягких вскрышных породах совмещение технологических процессов достигается при использовании:

выемочных машин с необходимыми размерами рабочего оборудования, когда комплекс включает только один вид основного оборудования – обычно одноковшовые экскаваторы;

выемочных машин и транспортно-отвальных агрегатов, когда комплексы оборудования включают роторные экскаваторы

и консольные отвалообразователи или цепные многоковшовые экскаваторы и транспортно-отвальные мосты.

Помимо частичного совмещения процессов, использование выемочно-отвальных комплексов оборудования обеспечивает и непрерывность выполнения всех процессов.

При перемещении мягких вскрышных пород вдоль фронта работ уступов во внутренние или внешние отвалы типичными комплексами оборудования являются:

роторные экскаваторы – конвейерный транспорт – консольные отвалообразователи;

цепные многоковшовые экскаваторы – железнодорожный транспорт – абзетцеры;

одноковшовые экскаваторы – конвейерный транспорт с бункерами-питателями – консольные отвалообразователи;

скреперы или бульдозеры.

Комплексы оборудования, применяемые при разработке и продольном перемещении скальных и полускальных пород, весьма разнообразны, как разнообразны типы и свойства коренных пород и условия их залегания. Обычно комплексы включают в качестве основного оборудования буровые станки различных типов (при подготовке полускальных пород – иногда механические рыхлители), одноковшовые экскаваторы типа мехлопаты (иногда при выемке мелкозсорванных пород – одноковшовые погрузчики), различные транспортные средства, отвалообразователи, выбор которых зависит в первую очередь от вида применяемого транспорта.

В глубоких карьерах широко используются комплексы с автомобильно-железнодорожным транспортом. Перспективны комплексы с автомобильно-конвейерным и автомобильно-скиповым транспортом, а также (при допустимой крупности взорванных пород или дополнительном механическом дроблении их в местах погрузки на рабочих уступах) комплексы с использованием только конвейерного транспорта, а в качестве выемочно-погрузочных машин – соответственно оборудования непрерывного действия и одноковшовых экскаваторов.

При разработке месторождений нагорного типа, помимо перечисленных, применяют комплексы с комбинированным транспортом, включающим в различном сочетании автомобильный транспорт, рудоспуски, канатно-подвесные дороги, железнодорожный транспорт.

При разработке скальных и полускальных пород комплексы оборудования с транспортными средствами механизации характеризуются относительной независимостью выполнения процессов. Степень независимости различна для разных процессов и определяется в первую очередь технической возможностью и экономической целесообразностью создания запасов (резерва) горной массы, необходимых для бесперебойного выполнения следующего процесса. Например, бурение и взрывание могут быть в значительной степени независимыми друг от друга и от выемочно-погрузочных работ при создании достаточных запасов подготовленной к разработке и готовой к выемке породы; автомобильный и железнодорожный транспорт (в их комбинации) — если перегрузочный пункт является складом. Гораздо меньшей степенью независимости характеризуется работа отвальных экскаваторов и железнодорожного транспорта, обеспечиваемая за счет относительно небольшого объема породы, остающегося в приемном бункере после разгрузки поезда. Минимальной независимостью характеризуются комплексы с одноковшовыми экскаваторами и конвейерным транспортом, связь между которыми осуществляется через бункера-питатели (вследствие их малой вместимости).

Помимо запасов горной массы, независимость процессов обеспечивается технической возможностью их выполнения при выходе из строя некоторых основных средств механизации, например одного-двух железнодорожных составов, нескольких автомобилей, отвального экскаватора. В этом случае в процессе работы возможно перераспределение технических средств, которое, естественно, ведет к уменьшению производительности или простоям оборудования, но не к прекращению работы.

Контрольные вопросы:

1. На какие классы подразделяются комплексы оборудования, применяемые и внедряемые на карьерах?
2. Какие комплексы оборудования называются выемочными?
3. Какие комплексы оборудования называются экскаваторными?
4. Какие машины и механизмы включают в себя выемочно-отвальные комплексы?

4.6. Порядок выемки экскаваторно-отвальными технологическими комплексами

Применение технологических комплексов для перевалки вскрышных пород в выработанное пространство очень экономично и желательно во всех случаях, когда это возможно, в частности при следующих условиях:

горизонтальное или пологое падение залежи полезного ископаемого (обычно не более $10-12^\circ$, иногда до $15-17^\circ$);

ограниченные мощности залежи (до 20–30 м, в отдельных случаях до 50–60 м) и вскрышных пород (до 40–45 м, иногда до 60 м).

Указанные технологические комплексы применяют и при отработке выходов наклонных и крутых залежей или узких, вытянутых и неглубоко залегающих линз полезного ископаемого. При этом производится непосредственная или кратная перевалка вскрышных пород на борта карьера.

Расчеты жестко взаимосвязанных вскрышного и добычного технологических комплексов связаны:

с выбором типа и мощности вскрышных экскаваторов и схемы экскавации;

с выбором вида добычного комплекса, в первую очередь транспорта полезного ископаемого, и установлением порядка транспортного обслуживания добычных забоев при работе экскаваторно-отвального комплекса оборудования;

с определением ширины заходок, берм, площадок вскрышных и добычных уступов и расчетом вскрытых запасов полезного ископаемого.

Взаимная расстановка оборудования должна рассчитываться комплексно: в плане и по нескольким типичным геологическим профилям. Расчеты только по одному поперечному профилю, без учета расстановки и последовательности работы оборудования в плане (по фронту работ), могут привести к значительным погрешностям.

Важным условием правильного расчета и построения вскрышного и добычного технологических комплексов является равенство или кратность ширины заходки по полезному ископаемому ширине заходки по вскрышным породам с целью равномерности подвигания фронта вскрышных и добычных работ.

С увеличением мощности вскрышных пород, размещаемые во внутренние отвалы, а также мощности залежи или при отсутствии достаточно мощных вскрышных экскаваторов простая и кратная перевалка породы становится либо неэффективной, либо технически невозможной. К значительному усложнению технологических комплексов приводит требование обеспечения достаточно больших вскрытых запасов полезного ископаемого при сезонном ведении вскрышных работ.

Расчеты и анализ технологических комплексов и схем экскавации, как и конструктивные решения элементов системы разработки, приводятся ниже применительно к наиболее распространенной продольной однобортовой системе разработки.

После отработки одной вскрышной заходки 1 и одной заходки по полезному ископаемому y (рис. 70, а) порода из очередной вскрышной заходки 2 может размещаться на свободной площади выработанного пространства (за исключением призабойной полосы II) в отвальной заходке 2_0 (рис. 70, б).

Независимо от порядка выемки вскрышной заходки наиболее экономично размещать породу возможно ближе к полосе Π , заполняя последовательно треугольную площадь a_1, b_1, c_1 , а затем

четыреугольник $a_2b_2b_1a_1$. При этом откос отвала предыдущей заходки не подсыпается породой.

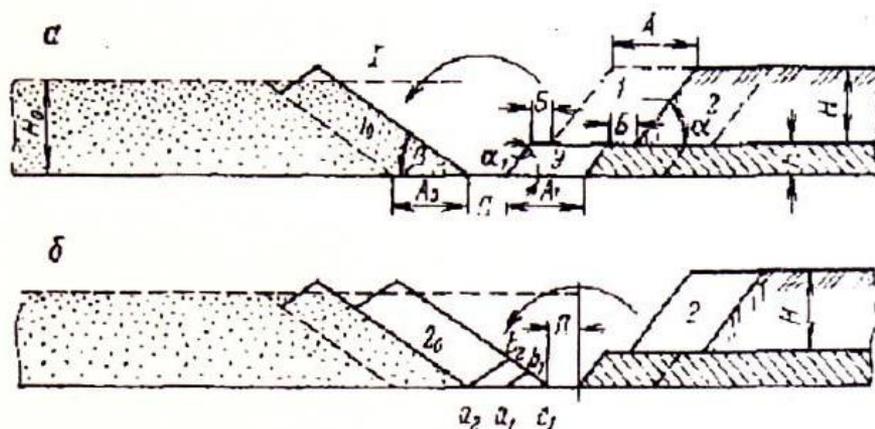


Рис. 70. Принципиальная схема простой перевалки вскрышных пород: а и б – соответственно положение до и после отработки вскрышной заходки 1; 1 – средний уровень отвала.

При незначительной высоте вскрышного уступа H_1 (рис. 71, а) вместимость отвала, показанная треугольником l_0 , может оказаться достаточной, а для перевалки вскрышных пород необходим минимальный радиус разгрузки $R_{0,1}$.

С увеличением высоты вскрышного уступа до H_2, H_3, H_4 и т. д. объем переваливаемой породы возрастает (площади 2, 3, 4; см. рис. 71, а). Порода должна размещаться выше по откосу отвала на площадях $2_0, 3_0, 4_0$ и т. д., а соответствующие радиусы разгрузки должны возрастать до размеров $R_{0,2}, R_{0,3}, R_{0,4}$ и т. д.

Такая простая перевалка, при которой вся порода экскавируется только один раз (из массива) и непосредственно укладывается в отвальную насыпь, в принципе возможна при любой высоте вскрышного уступа.

Однако необходимый радиус разгрузки (м) вскрышного экскаватора при большой высоте отвала значительно возрастает, так как

осыпания по откосу порода заполняет отвал не в описанной последовательности ($1_0, 2_0, \dots, 7_0$), а путем прироста площади отвала тонкими слоями $dS_{0,1} + dS_{0,2}$ (см. рис. 71, б).

Однако первоначально описанный порядок отсыпки более экономичен в результате уменьшения расстояния перемещения породы. При этом упрощается методика расчета и экономическая оценка схем экскавации.

Часть отсыпанной в отвал породы $7_0'$ может оставаться на месте, так как положение ее соответствует простой перевалке. Вторая часть $7_0''$ заполняет призабойную полосу и частично приваливает откос добычного уступа. Чтобы создать условия для выемки залежи, эту часть отвальных пород следует повторно экскавировать и разместить выше площади $7_0'$ (на рис. 71, б показано стрелкой).

Отношение повторно экскавируемого объема породы $7_0''$ к общему объему первично экскавируемой породы $7_0' + 7_0''$ называют коэффициентом кратности перевалки (перезэкскавации):

$$K_{пер} = \frac{7_0''}{7_0' + 7_0''}$$

При правильном построении технологического комплекса всегда больший или меньший объем породы, укладываемой в выработанное пространство, впоследствии не перезэкскавируют, поэтому коэффициент кратности перевалки должен быть меньше единицы. В конкретных горно-геологических условиях при небольших радиусах разгрузки вскрышных экскаваторов и особенно при развитии оползней пород отвала коэффициент кратности перевалки может быть больше единицы, в отдельных случаях $K_{пер} = 3 \div 4$ и более.

Экономически допустимый коэффициент перезэкскавации ориентировочно определяется из выражения

$$K_{пер} = \frac{C_T - C_0}{C_{из}}$$

где C_m – затраты на 1 м³ вскрышных работ при использовании транспорта, сум; C_6 – затраты на 1 м³ вскрышных работ при простой перевалке, сум; C_m – затраты на переэкскавацию 1 м³ пород, сум.

По величине экономически допустимого коэффициента переэкскавации для принятого типа вскрышных экскаваторов и схемы экскавации можно определить максимальную высоту уступа, обрабатываемого с экскаваторной перевалкой вскрышных пород.

Контрольные вопросы:

1. Назовите условия применения технологических комплексов для перевалки вскрышных пород.
2. Как осуществляется простая перевалка вскрышных пород?
3. Как осуществляется кратная перевалка вскрышных пород?
4. Какой коэффициент называется коэффициентом кратности перевалки?
5. По какой формуле определяется экономически допустимый коэффициент переэкскавации?

4.7. Способы вскрытия при экскаваторно-отвальном технологическом комплексе

Для перемещения полезного ископаемого чаще применяется автомобильный и конвейерный транспорт, реже – автомобильно-железнодорожный и железнодорожный. Конвейерные установки могут конкурировать с автомобильным транспортом для перемещения мягкого полезного ископаемого в основном при большой мощности карьера. При транспортировании полезного ископаемого от забоев железнодорожным транспортом затрудняется организация работ на флангах карьера, где в этом случае искривляется фронт работ или же необходимо производить погрузку с расцепкой вагонов, а также с укладкой выставочного тупика.

Обычными при использовании на карьере комплексов ЭО и ЭТР являются вскрытие внешними отдельными (при одном добычном горизонте) и групповыми (при двух добычных горизонтах) траншеями или внутренними траншеями, применяемыми при автотранспорте и располагаемыми в основном на торцовых бортах карьера.

Схемы вскрытия непосредственно связаны с числом комплексов оборудования ЭО в карьере и организацией их взаимодействия с комплексами добычного оборудования.

В пределах карьерного поля эксплуатируются обычно один или два взаимосвязанных комплекса вскрышного и добычного оборудования. При использовании двух комплексов общий фронт работ на карьере делится на блоки. При этом каждый блок должен иметь собственный транспортный выход (один или более).

Различают следующие способы вскрытия добычных горизонтов, взаимосвязанные с организацией вскрышных и добычных работ.

1. Вскрытие одной фланговой капитальной траншеей при разработке пород и полезного ископаемого одним блоком (рис. 72, а). Вскрышной комплекс следует впереди добычного с опережением, величина которого регламентируется требованиями техники безопасности. После отработки каждой заходки вскрышное и добычное оборудование возвращается в исходное положение.

2. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями при одноблочной разработке горной массы (рис. 72, б). Добыча полезного ископаемого при этом может производиться по двум вариантам: добычной комплекс может следовать за вскрышным или работать впереди него. При этой схеме возможен рабочий ход экскаваторов в обоих направлениях.

3. Вскрытие одной центральной капитальной траншеей при разработке двумя блоками (рис. 72, в). Перевалка вскрышных пород производится попеременно в обоих блоках. Готовые к выемке запасы лимитируются вскрытой и зачищенной полосой

полезного ископаемого на ширину вскрышной заходки и полную длину одного блока.

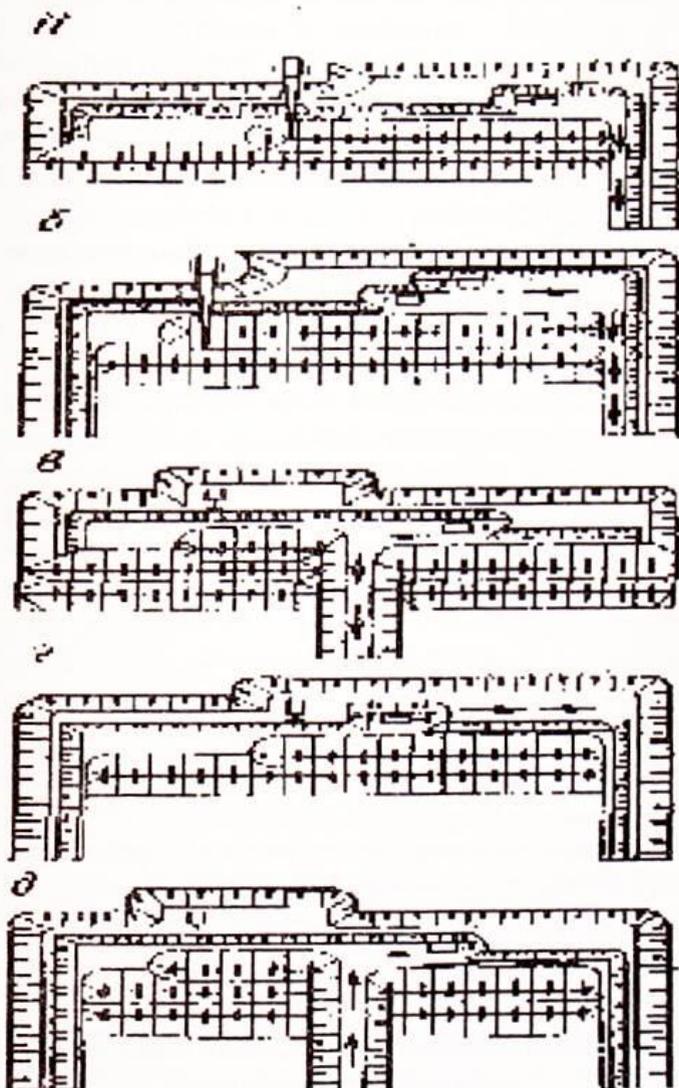


Рис. 72. Схемы вскрытия горизонтальных залежей при использовании комплексов ЭО.

Вскрышное и добычное оборудование после отработки каждого блока возвращается в исходное положение холостым ходом.

4. Вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями при разработке двумя блоками (рис. 72, з). Добычные и вскрышные работы производятся одновременно в разных блоках. Вскрышное и добычное оборудование перегоняют в исходное положение холостым ходом.

5. Вскрытие тремя капитальными траншеями (две фланговые и одна центральная) при разработке двумя блоками (рис. 72, д). Эта схема предусматривает возможность поточного движения транспорта и рабочий ход экскаваторов в обоих направлениях.

Из рассмотренных способов вскрытия предпочтительны два последних. Не рекомендуется применять схему вскрытия одной фланговой траншеей. Вскрытие двумя фланговыми траншеями при одноблоковой разработке применяют в условиях, когда общая длина фронта недостаточна для деления его на два блока и при небольшой производственной мощности предприятия.

Контрольные вопросы:

1. С чем связана схема вскрытия?
2. Какие существуют способы вскрытия добычных горизонтов?
3. Как осуществляется вскрытие одной фланговой капитальной траншеей при разработке одним блоком?
4. Как осуществляется вскрытие двумя фланговыми капитальными траншеями при разработке двумя блоками?
5. При каких условиях применяют вскрытие двумя фланговыми траншеями при одноблоковой разработке?

4.8. Технологические комплексы с консольными отвалообразователями

Технологические комплексы с перемещением породы отвалообразователями характеризуются наличием и объединением трех процессов вскрышных работ — экскавации, переме-

щения и отвалообразования. Эти комплексы применяют в основном при разработке месторождений двух типов:

с мягкими и плотными вскрышными породами, и полезным ископаемым;

с мягкой и плотной породой и скальным (полускальным) полезным ископаемым.

При разработке месторождений первого типа комплексы добычного оборудования включают роторные экскаваторы с нормальными усилиями копания и средства конвейерного транспорта. При разработке месторождений второго типа выемка взорванного полезного ископаемого осуществляется мехлопатами в сочетании с автомобильным, железнодорожным или конвейерным транспортом; на конвейеры горная масса поступает через самоходный дробильный агрегат. При перемещении взорванных скальных вскрышных пород консольными отвалообразователями в технологической цепи необходим также самоходный дробильный или дробильно-грохотильный агрегат с бункером-питателем.

Система разработки чаще всего продольная однобортовая. При веерной системе разработки комплекс вскрышного оборудования, как правило, должен включать дополнительно перегружатель между экскаваторами и отвалообразователем. Годовое продвижение фронта работ может достигать 300–350 м. Достоинства технологических комплексов с перемещением породы конвейерными отвалообразователями: возможность транспортирования пород в отвал по кратчайшему пути, непрерывность производственного процесса, лучшее использование комплекса оборудования во времени (суточная производительность при вскрышных экскаваторах одинаковой мощности на 20–35 % выше, чем при использовании железнодорожного транспорта), высокая производительность труда, простая организация вскрышных работ, отсутствие потребности в специальных работах на породных отвалах, за исключением рекультивации, улучшение условий устойчивости отвальных откосов из-за возможности управления общим углом заложения их системы.

Технологические комплексы с перемещением породы консольными отвалообразователями применяют в районах с относительно сухим теплым климатом или при сезонном выполнении вскрышных работ при условиях: хорошей разведанности и планомерного осушения карьерного поля; горизонтального или слабонаклонного залегания пластов или пластообразных залежей с незначительным изменением гипсометрии почвы и кровли пласта для обеспечения допустимых уклонов; плавных очертаний контуров карьерного поля, что позволяет избежать резкого сокращения и наращивания протяженности фронта горных работ; значительных запасов полезного ископаемого в контурах карьера. Комплексы с роторными и цепными экскаваторами, как правило, не эффективны при наличии в разрабатываемой толще мягких вскрышных пород твердых включений (в виде валунов, прослоев и т. д.), если невозможно отработать крепкие породы отдельным уступом с применением выемочной техники циклического действия.

4.9. Характеристика технологических комплексов с консольными отвалообразователями

Простейший технологический комплекс вскрышных и добычных работ включает один роторный или цепной многоковшовый экскаватор со встроенной неполноповоротной консолью, оборудованной ленточным конвейером (рис. 73). Мягкие вскрышные породы и залежь с применением такого экскаватора обрабатываются поочередно. Порода через разгрузочный конвейер перемещается в выработанное пространство (см. рис. 73, а). Полезное ископаемое грузится на конвейер или в средства колесного транспорта, при этом консоль разворачивается под углом $25-30^\circ$ к фронту работ (см. рис. 73. б). При очередной и раздельной выемке породы и полезного ископаемого уменьшается возможная производственная мощность карьера из-за периодического ведения добычных

работ, усложняется организация работ и обуславливается также периодическое использование транспорта. Применение комплекса возможно при разработке небольших (до 20–30 м) суммарной мощности вскрышных пород и залежи полезного ископаемого.

Непрерывность производства вскрышных и добычных работ достигается при разделении комплекса на отдельные технологические комплексы вскрышных и добычных работ посредством применения на добыче дополнительного экскаватора (рис. 74, а).

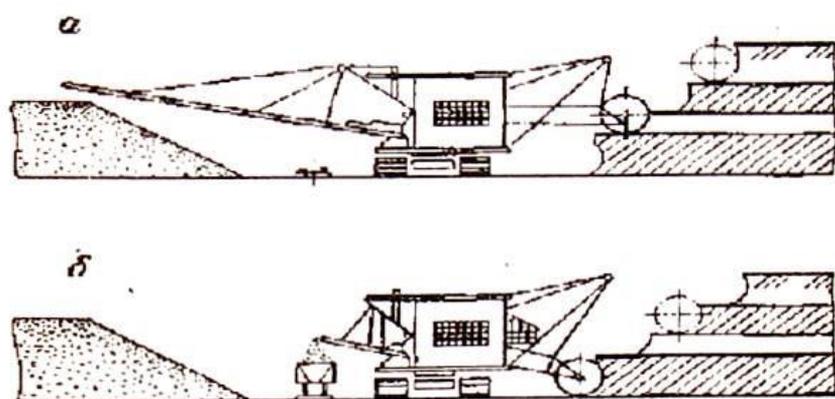


Рис. 73. Схема технологического комплекса при использовании одного роторного экскаватора в качестве комплекса оборудования ВО и головной машины комплекса ВТР.

Роторный экскаватор осуществляет выемку и перемещение вскрышных пород в выработанное пространство, а добычной экскаватор – отгрузку полезного ископаемого в транспортные средства. Транспортные коммуникации размещаются на кровле, почве или промежуточном горизонте залежи.

С увеличением мощности залежи и вскрышных пород, а также при необходимости создания значительных вскрытых запасов полезного ископаемого длина консоли, встроенной в роторный экскаватор, может быть недостаточной и в комплекс

вскрышного оборудования включается специальный консольный отвалообразователь, на который порода поступает непосредственно от экскаватора (рис. 74, б) или через конвейерный перегружатель (рис. 74, в).

Схемы экскавации различаются местом установки консольных отвалообразователей в плане и профиле карьерного поля, что предопределяет параметры элементов системы разработки, состав комплекса оборудования и параметры самих отвалообразователей. Отвалообразователь может быть установлен на кровле добычного уступа (рис. 75, а), на промежуточной площадке (рис. 75, б) или на предотвале (рис. 75, в и г). Возможны схемы с периодическим изменением места установки отвалообразователя.

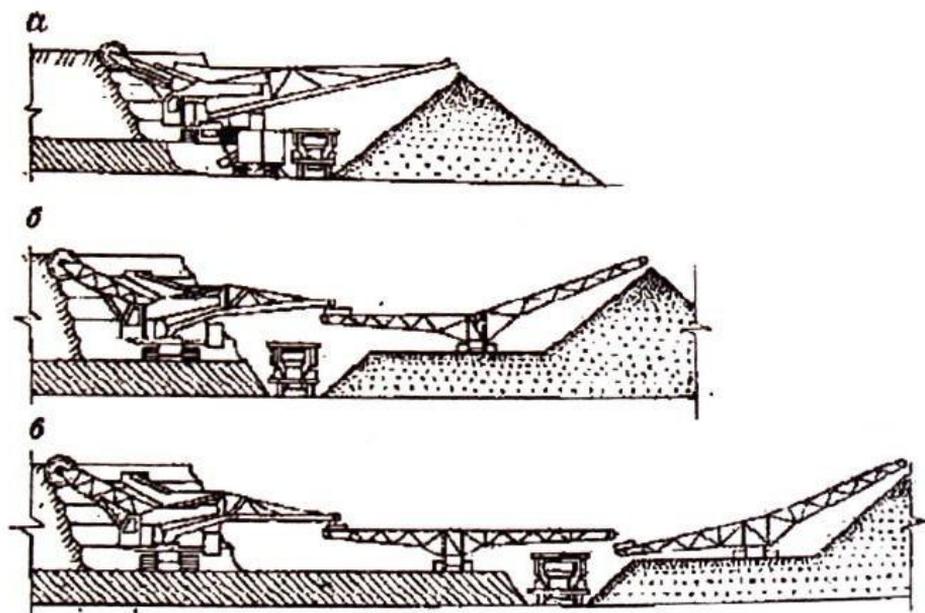


Рис. 74. Схемы вскрышных технологических комплексов при использовании многоковшовых экскаваторов и консольных отвалообразователей.

При схеме экскавации с установкой отвалообразователя на кровле залежи (см. рис. 75, а) порода на отвалообразователь подается экскаватором, расположенным на том же горизонте. Отвал отсыпается без поворота отвальной консоли отвалообразователя. Организация работы комплексов вскрышного и добычного оборудования (рис. 76) жестко зависима.

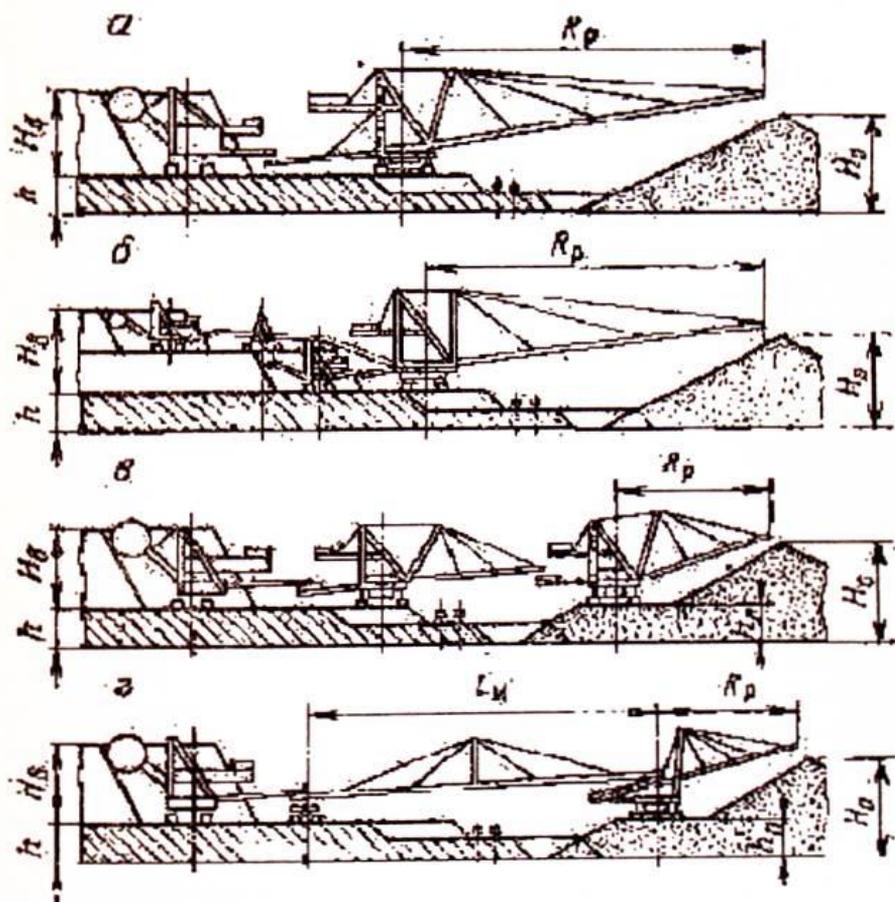


Рис. 75. Схемы экскавации при использовании консольных отвалообразователей.

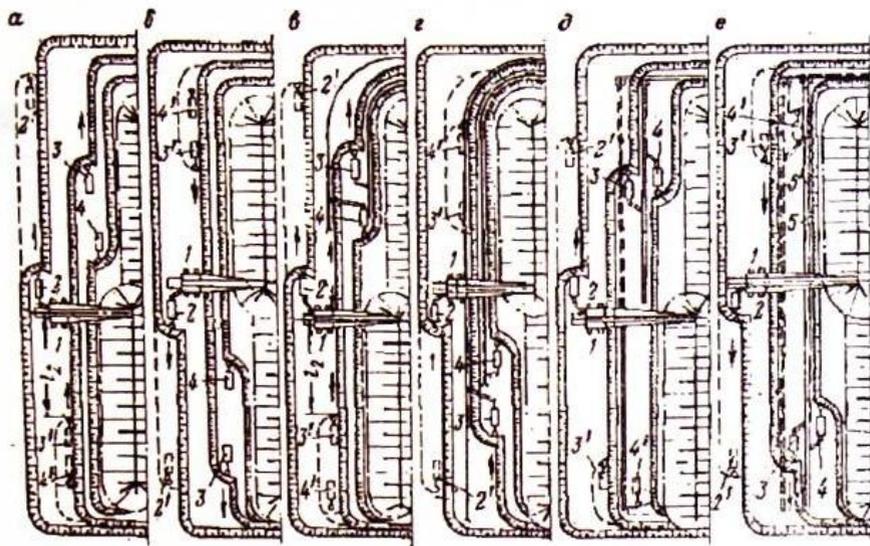


Рис. 76. Схемы экскавации с установкой отвалообразователя на кровле залежи: *а и б* – при комплексах ЭАР или ВАР; *в и г* – при комплексах ВЖР или ЭЖР; *д и е* – при комплексах ВКР (*а, в и д* – при отработке заходок в направлении к капитальной траншее; *б, г и е* – при отработке заходок в противоположном направлении); 1 – отвалообразователи; 2 и 2' – вскрышные роторные экскаваторы; 3 и 3' – добычные роторные экскаваторы верхнего черпания; 4 и 4' – добычные роторные экскаваторы нижнего черпания; 5 и 5' – положения забойных конвейеров.

При этой схеме редко удается создать резервную добычную заходку под отвальной консолью отвалообразователя, в результате чего комплексы вскрышного и добычного оборудования должны двигаться друг за другом, отрабатывая очередные вскрышную и добычную заходки при одинаковой их ширине. Добычные работы опережают вскрышные по фронту, при этом обязательны холостые переходы выемочных машин после отработки очередных вскрышной и добычной заходок (см. рис. 76, *а, б, в и г*), иначе неизбежны большие простои вскрышного и добычного комплексов оборудования или одного из них. Необходимость такой организации вскрышных и добычных ра-

бот возникает при разработке мощной залежи двумя высокими добычными уступами даже при использовании на вскрышных работах мощного комплекса ВО с перегружателем и отвалообразователем.

Связь между вскрышными и добычными работами менее жесткая при использовании комплексов ЭАР, когда не возникают затруднения с организацией его работы при любом положении комплекса оборудования ВО (см. рис. 76, а и б). При использовании комплексов ВЖР или ЭЖР по мере перемещения вскрышного комплекса вдоль фронта уступа необходим перенос изогнутого участка пути (см. рис. 76, в и г).

При наличии резервной заходки вскрышной и добычной комплексы могут вести выемку в разных направлениях; исключаются холостые переходы оборудования, не требуется изгиб забойных железнодорожных путей, при транспортировании полезного ископаемого можно применять конвейеры (рис. 76, д и е) и упрощается организация работ. Однако для создания резервной заходки необходимо увеличивать радиус разгрузки отвалообразователя на величину, равную ширине добычной заходки.

Врезка роторного экскаватора в новую заходку целесообразна на торцовом участке, противоположном месту примыкания капитальной траншеи, так как это облегчает размещение во внутреннем отвале вскрышных пород, извлекаемых при врезке, и позволяет использовать отвалообразователь с меньшей (на 8 – 10 %) длиной консоли. Рабочий ход комплексов оборудования по направлению к транспортному выходу с добычного уступа позволяет также при перемещении полезного ископаемого конвейерами заблаговременно производить передвижку конвейерных ставов в пределах отработанной части заходки.

При схеме экскавации с установкой отвалообразователя на разных горизонтах с экскаватором (см. рис. 75, б) обязательно наличие в комплексе перегружателя. С применением данной схемы появляется возможность попеременной отработки

верхнего и нижнего вскрышных подступов одним роторным экскаватором, при этом перегружатель используется только при обработке верхнего вскрышного подступа. Все основные технологические положения, указанные для первой схемы установки отвалообразователя, относятся и к этой схеме.

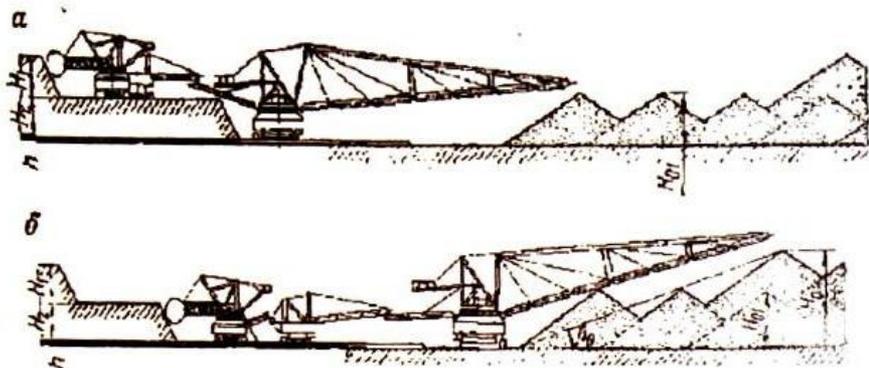


Рис. 77. Двухподступная схема экскавации с изменением горизонта стояния отвалообразователя.

При схеме экскавации с установкой отвалообразователя на предотвале сокращается его радиус разгрузки. Поступление породы от экскаватора осуществляется перегружателем (см. рис. 75, в) или соединительным мостом (см. рис. 75, г). Взаимная связь вскрышных и добычных работ аналогична описанной выше. Отсыпка отвала производится обычно с поворотом консоли, что приводит к выравниванию поверхности отвала и уменьшению его высоты вследствие отсутствия «гребней».

При схеме экскавации с изменением места стояния отвалообразователя при отсыпке многоярусного отвала (рис. 77) уменьшаются линейные размеры роторного экскаватора, так как вскрышной уступ большой высоты обрабатывается двумя-тремя подступами. Такая схема возможна при использовании мощных комплексов ВО (с паспортной производительностью оборудования 5 – 10 тыс. м³/ч и более) для отработки мощной (до 70 – 90 м) толщи мягких вскрышных пород при небольшой

(менее 10 м) мощности залежи полезного ископаемого. При отработке одним роторным экскаватором двух или трех подступов отвалообразователь последовательно устанавливают на кровле и почве залежи (см. рис. 77, а и б) и предотвале или на промежуточном вскрышном горизонте, кровле залежи и предотвале.

Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуются технологические комплексы с перемещением породы отвалообразователями?
2. При разработке каких месторождений применяются отвалообразователи?
3. Укажите достоинства технологических комплексов с перемещением породы конвейерными отвалообразователями.
4. Чем различаются схемы экскавации при использовании отвалообразователя?
5. Как происходит экскавация при установлении отвалообразователя на кровле залежи?

4.10. Технологические комплексы с транспортно-отвальными мостами

Технологические комплексы с перемещением породы транспортно-отвальными мостами объединяют три процесса вскрышных работ (выемку и погрузку, перемещение, отвалообразование) и включают один или несколько вскрышных цепных или роторных экскаваторов. В Германии выпускаются типовые (стандартные) комплексы транспортно-отвальных мостов и соответствующих экскаваторов для разработки вскрышных пород мощностью 30, 45 и 60 м. Добычные комплексы представлены в большинстве случаев многоковшовыми экскаваторами в сочетании с железнодорожным или конвейерным транспортом.

Технологические комплексы с перемещением породы транспортно-отвальными мостами применяют на карьерах с

плавными контурами при разработке горизонтальных или слабонаклонных (до $2-3^\circ$) пластов или пластообразных залежей со спокойной гипсометрией кровли и почвы, когда выемка мягких вскрышных пород осуществляется многоковшовыми экскаваторами и породы обладают достаточной несущей способностью ($1,5 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^5$ Па) для установки тяжелого оборудования (масса мостов достигает 10 тыс. т).

Давление на грунт у мостов на рельсовом ходу обычно равно $1 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^5$ Па при насыпных породах и $1,8 \cdot 10^5 - 2,6 \cdot 10^5$ Па при устойчивых и сухих породах в массиве. Давление на грунт мостов на гусеничном ходу не превышает $1,6 \cdot 10^5$ Па. При малопрочных вскрышных породах ходовое устройство располагают на кровле пласта полезного ископаемого или на более крепких прослойках.

Одно из главных условий применения комплексов с транспортно-отвальными мостами — обеспечение устойчивости откосов внутренних отвалов посредством осушения вскрышных пород, дренажа их и развития отвального фронта, исключая возможность затопления отвала грунтовыми водами.

Высота отсыпки породы у транспортно-отвальных мостов достигает 75 м. По высоте отсыпки и длине отвальной консоли определяют высоту отвала и породных уступов.

В связи с высокой стоимостью таких комплексов должны быть и значительными запасы карьерного поля. Минимальный суточный объем вскрышных работ при применении мостового комплекса зависит от его размеров и составляет 25 тыс. м³ и более. Срок службы карьеров при этом принимается не менее 15–20 лет.

Основными системами разработки являются: продольная однобортная (редко двухбортная), веерная центральная и веерная рассредоточенная с внутренним отвалообразованием.

Основные достоинства технологических комплексов с перемещением породы транспортно-отвальными мостами заключаются в следующем:

поточность разработки, увеличение вскрытых запасов полезного ископаемого в пролете между забойной и отвальной опорами и иногда под консолью, что позволяет производить вскрышные работы сезонно, а добычные – круглогодично;

большая производительность установок, что обеспечивает высокую производственную мощность карьера (до 10–15 млн. т по полезному ископаемому и до 30–40 млн. м³ по вскрышным работам в год);

высокая производительность труда обслуживающего персонала (до 250–400 м³ на выход одного рабочего по вскрыше);

низкие затраты на выемку 1 м³ вскрышных пород и, следовательно, на добычу 1 т полезного ископаемого, что позволяет разрабатывать месторождения с коэффициентом вскрыши до 20 м³/т;

небольшая энергоемкость выемки и перемещения пород в отвалы.

К недостаткам этих технологических комплексов относятся: зависимость работы мостов от климатических условий и сезонность работы;

сложность конструкции мостов, большая масса и высокие капитальные затраты на оборудование;

большой объем горно-строительных работ для создания начального фронта работ и ввода моста в эксплуатацию (до 25–30 млн. м³);

высокие требования к профилю горизонтов при размещении опор моста и сложность конструкции рельсового основания.

4.11. Характеристика технологических комплексов с транспортно-отвальными мостами

Обычно при использовании транспортно-отвальных мостов вскрышные породы разрабатывают двумя уступами, а полезное ископаемое – одним или двумя. Комплекс вскрышного оборудования (мостовая установка) помимо транспортно-отвального

моста включает от одного до четырех экскаваторов, путепередвигатель непрерывного действия или турнодозер и другие вспомогательные машины.

Основные схемы сопряжения вскрышных экскаваторов с мостом:

с односторонним расположением экскаваторов, жестко связанных с мостом (рис. 78, а);

с двусторонним расположением экскаваторов, жестко связанных с мостом (рис. 78, б);

с двумя экскаваторами, один из которых связан с мостом жестко, а другой имеет некоторую свободу перемещения (рис. 78, в);

с одним экскаватором, имеющим некоторую свободу перемещения относительно забойной опоры моста (рис. 78, г);

с двумя экскаваторами, имеющими некоторую свободу перемещения относительно моста (рис. 78, д);

с четырьмя экскаваторами (рис. 78, е), два из которых расположены симметрично и связаны с мостом жестко, а два имеют некоторую свободу перемещения относительно моста, но между собой связаны жестко.

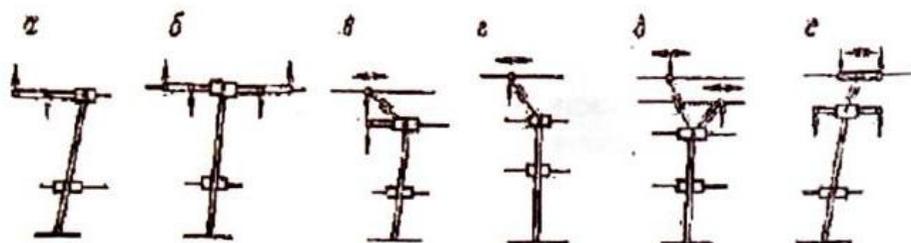


Рис. 78. Принципиальные схемы сопряжения вскрышных экскаваторов с мостом.

К достоинствам комплексов с цепными экскаваторами относятся более равномерное размещение вскрышных пород в отвалах (меньшее расстояние между гребнями) и попутный подъем

породы при работе экскаватора нижнего черпания, в связи с чем уменьшается высота подъема породы мостом. Основные недостатки – невозможность раздельной разработки вскрышных пород и укладки в основание отвалов более прочных разностей, а также увеличение пролета моста при размещении забойной опоры на промежуточном горизонте вскрышного уступа.

При веерной системе разработки удобнее одностороннее расположение экскаваторов со стороны торца карьера. При этом крайний экскаватор должен быть полноповоротным и обеспечивать возможность разработки верхнего и нижнего вскрышных уступов. При продольной однобортовой системе разработки наиболее благоприятно двустороннее расположение экскаваторов, каждый из которых обрабатывает верхний и нижний уступы. Длина соединительных конвейеров (между экскаваторами и мостом) определяется условиями отработки торцовых участков фронта и должна быть увязана с поворотностью моста. Необходимо сокращать расстояние между экскаваторами, чтобы уменьшить длительность работы в торцовых участках фронта только одного экскаватора.

Опоры моста могут располагаться:

одна – на вскрышном уступе, другая – на уступе (подуступе) полезного ископаемого (рис. 79, а) или на породном прослойке в пласте (рис. 79, б), если он представлен достаточно прочными породами;

обе опоры – на кровле или почве (одна – на кровле, другая – на почве) пласта полезного ископаемого (рис. 79, в) при неустойчивых вскрышных породах;

одна – на вскрышном уступе или пласте полезного ископаемого, а другая – на предотвале (рис. 79, г).

Высота отвальной опоры моста зависит от мощности вскрышных пород и залежи. Под основной фермой моста должен свободно проходить добычной экскаватор. Забойная же опора имеет относительно небольшую высоту.

При общей высоте отвалов более 30–40 м отсыпается передовой отвальный уступ (предотвал) с главного конвейера

моста через специальные течи. Создание предотвала (особенно из крупнозернистых песчано-гравийных пород) предохраняет основание отвала от выдавливания и уменьшает общий угол откоса отвала. Высота предотвала обычно не превышает 5–10 м и только при прочных породах может достигать 15–20 м.

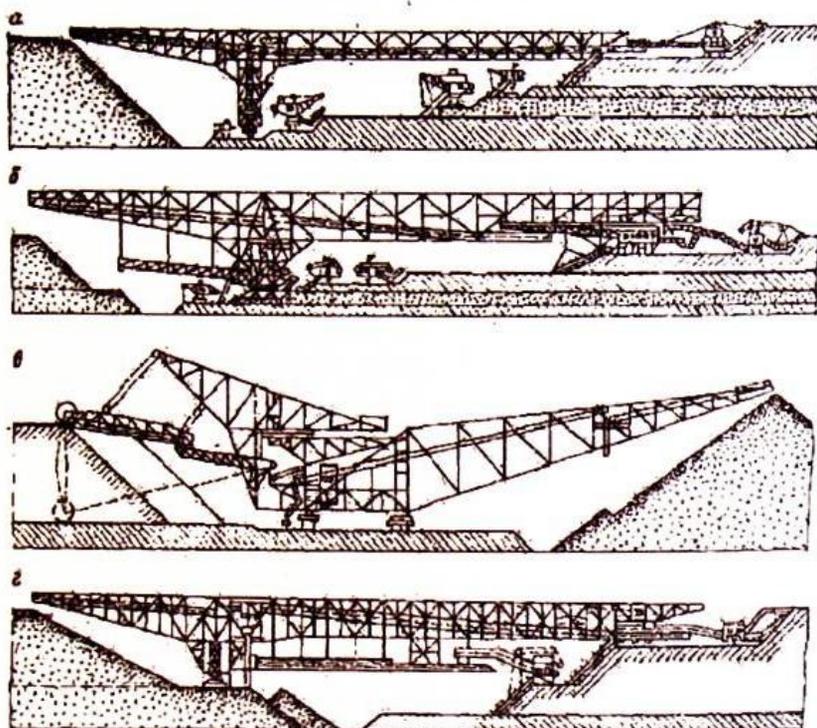


Рис. 79. Схемы расположения опор транспортно-отвального моста

Расположение отвальной опоры на предотвале позволяет уменьшить длину отвальной консоли моста, что возможно только при отсыпке в предотвал раздельнозернистых (песчаных) пород. Вскрытые запасы на зимний период в этом случае максимальны. Расположение отвальной опоры на пласте или

породном прослойке более надежно, но при этом требуется увеличение вылета отвальной консоли. При отработке запасов зимой, находящихся под пролетом моста, высоту нижнего добычного уступа принимают минимальной (1,5–2,5 м).

Расположение зимних запасов полезного ископаемого под пролетом и под отвальной консолью связано с увеличением общих размеров моста. Однако при этом достигаются равномерная загрузка оборудования, усреднение качества полезного ископаемого и большая безопасность работы моста по условиям устойчивости опор.

Возможность приспособления моста к конфигурации карьерного поля достигается за счет углового поворота моста в плане, гибкого соединения вскрывных экскаваторов с мостами и изменения расстояния между его опорами. Вблизи границ карьерного поля, а также при отработке отдельных участков с большой мощностью вскрывных пород мост должен отклоняться от нормального положения относительно подмостовых железнодорожных путей для размещения дополнительных объемов вскрывных пород в отвалы. Поворот моста необходим также в случаях удлинения фронта работ или при неправильных геометрических контурах карьерного поля.

При перемещении породы транспортно-отвальными мостами добычные горизонты обычно вскрывают фланговыми капитальными траншеями внешнего заложения, а подготовительные работы заключаются в проведении разрезной траншеи на полную длину поля. Протяженность фронта работ часто изменяется, так как расположение его тупиковой части зависит от конфигурации контура карьерного поля.

Линейные параметры транспортно-отвального моста, как правило, позволяют изменять ширину добычных заходок на одном или двух добычных уступах, создавать резервные добычные заходки, обеспечить подвигание вскрывных и добычных

забоев в разных направлениях и исключить холостые переходы вскрышного и добычного оборудования.

Контрольные вопросы:

1. При каких случаях применяют технологические комплексы с транспортно-отвальными мостами?
2. Какие системы разработки используются при применении транспортно-отвальных мостов?
3. Назовите основные достоинства технологических комплексов с перемещением породы транспортно-отвальными мостами.
4. Назовите основные недостатки технологических комплексов с перемещением породы транспортно-отвальными мостами.
5. Как разрабатываются уступы при использовании транспортно-отвальных мостов?

4.12. Скреперные технологические комплексы

Скреперные комплексы в основном применяются для производства горно-подготовительных работ в мягких породах, а также в качестве основного оборудования вскрышных и добычных работ при разработке россыпей и месторождений строительных горных пород, чаще песчано-гравийных.

Разработка скреперами осуществляется в условиях, когда месторождения сложены мягкими породами, содержание влаги в породах не превышает 15–20 % и отсутствуют валуны. Среднее расстояние транспортирования скреперами с ковшами емкостью 6–10 м³ не более 600 м, а с емкостью 15 м³ и более—до 1000 м. Передвижение скрепера возможно на подъемы не более 10°.

Эффективность скреперной выемки достигается при наличии талого слоя не менее 15–20 см при глинистых породах и не менее 10–15 см при галечниках. Скреперы применяются для устройства подъездных путей, проведения траншей, канав и котлованов, на вскрышных и добычных работах. Как правило, использование скреперов с ковшами емкостью 10 м³ и более при разработке россыпей на полигонах шириной 50 м при одностороннем

отвалообразовании более рационально, чем бульдозеров, если мощность торфов превышает 2 м.

Схемы экскавации (скреперования) при применении колесных скреперов, когда характерно совмещенное выполнение процессов выемки, перемещения и отвалообразования, различаются прежде всего по расположению отвалов относительно контура карьера.

Схема скреперования с размещением вскрышных пород на бортах карьера (рис. 80, а) наиболее проста и экономична. Минимальная ширина горизонтальной площадки между верхним контуром карьера и отвалом зависит от схемы движения скреперов и условий устойчивости борта карьера; в наиболее благоприятных условиях она составляет 10–15 м. Схема скреперования с размещением вскрышных пород во внешних отвалах (рис. 80, б) наименее экономична. Применение ее обусловливается наличием у границ карьера запасов полезного ископаемого, подлежащих отработке в будущем, магистральных дорог, сооружений и т. д.

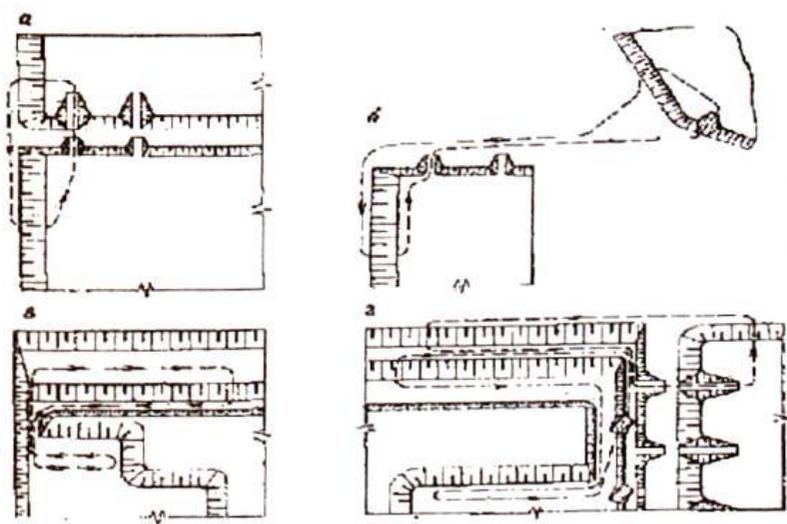


Рис. 80. Основные схемы скреперования

Схема скреперования с размещением вскрышных пород во внутренних отвалах (рис. 80, в) применяется при выемке полезного ископаемого на полную мощность, когда отвалы невозможно расположить на бортах карьера. С увеличением мощности вскрышных пород, когда из-за большого подъема скрепера уменьшается его производительность, данную схему целесообразно применять при разработке нижних уступов.

При комбинированных схемах скреперования (рис. 80, г) породы верхних уступов размещают на бортах карьера, а нижних — во внутренних отвалах.

При всех рассмотренных схемах экскавации скреперы могут двигаться по эллипсу, по восьмерке, челночным способом, по спирали, зигзагами и др. Схему движения выбирают таким образом, чтобы длина хода и число поворотов были наименьшими, а общий подъем в грузовом направлении не превышал разности между отметками забоя и места разгрузки.

Эллиптическая схема движения (рис. 81, а) применяется при поперечном перемещении вскрышных пород любой мощности и параллельном подвигании фронтов вскрышных и отвальных работ с примерно одинаковой скоростью. При этой схеме повороты производятся в одну и ту же сторону, что при больших объемах работ приводит к преждевременному и неравномерному износу ходовой части скрепера. Для уменьшения износа необходимо периодически изменять направление движения скреперов.

При движении по восьмерке (рис. 81, б) скрепер после выемки породы в забое I направляется на отвал I'. После разгрузки он перемещается в забой II, а оттуда на отвал II'. При этой схеме движения за один технологический цикл работы скрепер поворачивается на 180° , в то время как при эллиптической схеме — на 360° . Благодаря этому, а также уменьшению угла поворота скрепера на отвале производительность скрепера увеличивается на 20–25 %.

Схемы движения по эллипсу и восьмеркой применяют при возведении насыпи из прилегающих боковых резервов и про-

ведении траншей, когда возможно поперечное перемещение и складирование породы на борту параллельно фронту работ, а также при одноступенной выемке торфов продольным забоем и забоем-площадкой при разработке россыпей.

Применение челночно-поперечной и челночно-продольной схемы движения (рис. 81, *в* и *г*) рационально при небольшой мощности вскрышных пород, возможности размещения отвалов на обоих бортах карьера и широких забоях (при забоях-площадках).

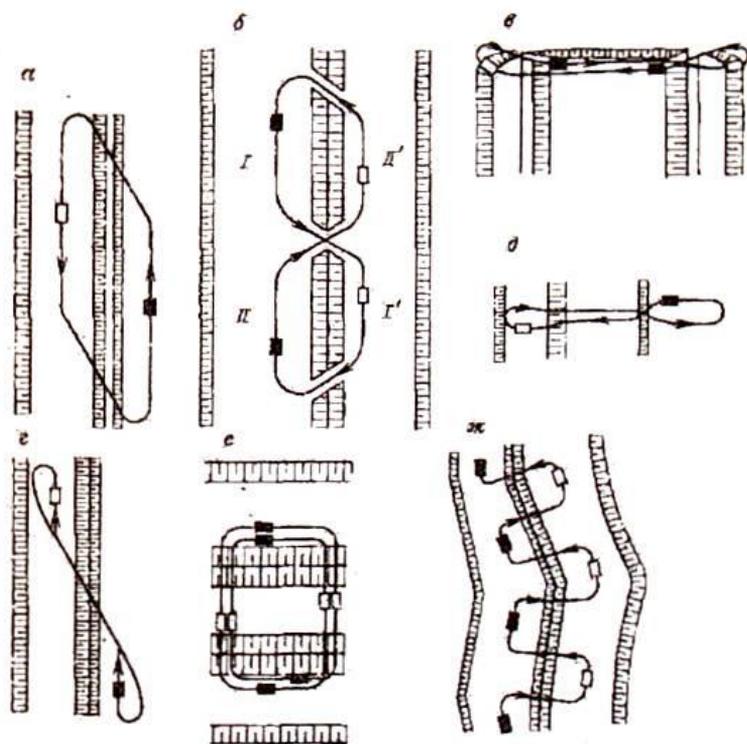


Рис. 81. Схемы движения скрепера.

При челночно-поперечной схеме движения выемку породы осуществляют в направлении, перпендикулярном к подвиганию

фронта работ, и транспортируют породу по одному и тому же пути в два отвала, расположенные по обеим сторонам выемки. Схема успешно применяется на россыпях при снятии растительного слоя, уборке старых навалов и послышной выемке вскрышных пород до глубины 2 м. При этом на каждый цикл приходится только один разворот машины на 180° . Длина забоя должна быть не меньше пути разгрузки скрепера. Борты выемки выполаживаются до максимального угла подъема скрепера в грузовом направлении.

При челочно-продольной схеме движения направления выемки породы и подвигания фронта работ почти параллельны. В случае одностороннего размещения отвала разворот скрепера совершается два раза за цикл, а при двусторонних отвалах – один раз. Выполаживания бортов выемки не происходит, а минимальная ширина забоя определяется радиусом разворота скрепера.

Схема движения по двусторонней петле (рис 81, *д*) применяется при расстоянии транспортирования более 200 м.

Движение скреперов по спирали (рис. 81, *е*) происходит с выемкой породы в двух забоях и разгрузкой полосами, перпендикулярными к оси отвала. Схема применяется при расположении выемок (резервов) с обеих сторон отвала, ширине последнего, равной пути разгрузки скреперов, и при разности отметок отвала и карьера не более 2,5–3 м. При этом сокращается расстояние транспортирования по сравнению с движением по эллипсу.

Схема движения зигзагами (рис. 81, *ж*) применяется при проведении длинных траншей, канав (руслоотводных, дренажных и др.), отсыпке дамб, плотин и насыпей. В конце участка скрепер разворачивается на 180° и следует в обратном направлении, снова чередуя набор и разгрузку породы. При этом сокращаются холостые пробеги, но требуется постоянное увеличение фронта работ.

4.13. Параметры систем разработки при скреперных комплексах

Характерные системы разработки – поперечные и продольные.

Поперечная (чаще односторонняя) система характерна для разработок россырей и песчано-гравийных месторождений. В этом случае длина фронта работ равна ширине россыпи (в среднем 50–200 м). Мощность вскрышных пород (торфов) не превышает 10 м, и отрабатываются они одним уступом. Вскрышные работы, как правило, опережают добычные (на 200–300 м и более), поэтому технологические комплексы вскрышных и добычных работ практически независимы.

Выемка вскрышных пород осуществляется фронтальными забоями (наклонными слоями выемки) или забоями-площадками (горизонтальными слоями выемки). Отвалы обычно размещаются на бортах разреза.

Первоначальный наклонный скреперный забой создается проведением котлована (рис. 82), длина которого L_k при небольшой высоте уступа H_y равна $2 \cdot l_{3, \min}$, а при большой величине $H_y - 2H_y/i$ ($l_{3, \min}$ – минимальная длина пути загрузки скрепера, i – допустимый уклон). Ширина котлована при поперечной системе разработки равна длине или части длины фронта работ. В эксплуатационный период длина продольного забоя, в зависимости от H_y , равна или кратна l_3 .

При выемке фронтальными забоями в результате отработки продольных заходов подвигание фронта работ осуществляется непрерывно (рис. 83 *а* и *б*) из пределах карьера отрабатывается одна панель, представленная всей толщиной вскрышных пород. Разгрузка скреперов производится на отвальном откосе, параллельном (см. рис. 83, *а*) или перпендикулярном (см. рис. 83, *б*) к фронту работ. В первом случае выезд скреперов из карьера осуществляется через временные наклонные траншеи, рациональное расстояние между которыми составляет 70–80 м. Во втором – выезд груженых скреперов осуществляется по борту

карьера, который выколаживается под углом i . Схема движения скреперов обычно эллипсовидная.

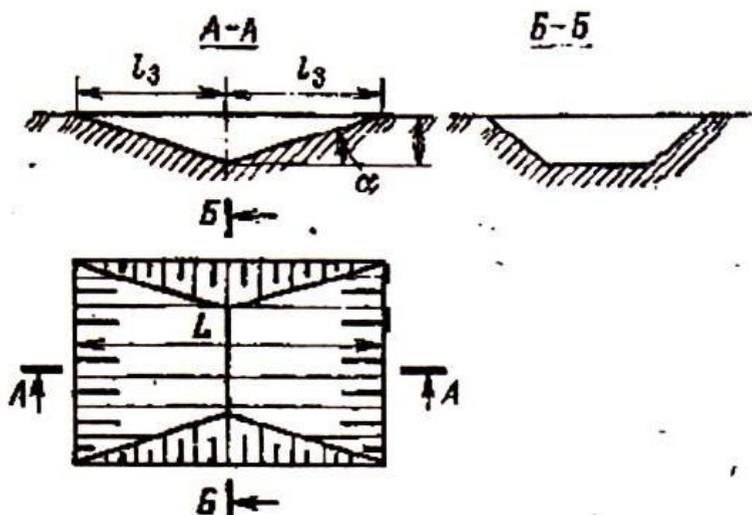


Рис. 82. Схема подготовки уступа котлованом при скреперной выемке.

При выемке забоями-площадками обычно одновременно обрабатываются один-два участка (панели). После отработки панели на высоту уступа происходит циклическое подвигание фронта его работ на ширину панели. Отработка панелей производится продольными (рис. 83, в) или поперечными (рис. 83, г) заходками, направленными соответственно вдоль и поперек фронта работ. При поперечных заходках выезд скреперов из карьера осуществляется через временные траншеи, проводимые на расстоянии друг от друга до 50–60 м $[(2 \div 3) \cdot l_3]$, а при продольных заходках один или два борта карьера (соответственно при одном и двух отвалах) выколаживаются для выезда по ним скреперов. Движение скреперов при выемке поперечными заходками производится по эллипсу, восьмеркой или по челночной схеме, а при выемке продольными заходками – обычно по челночной схеме.

Ширина B_0 (м) и высота H_0 (м) одностороннего отвала на борту карьера (рис. 84) определяются по следующим формулам (по А. И. Арсентьеву):

$$B_0 = \sqrt{\frac{2K_p L_\phi H_y (1 + i \cdot \text{ctg}\beta)}{(i - i_n)(1 + i_n \text{ctg}\beta)}};$$

$$H_0 = \sqrt{\frac{2K_p L_\phi H_y (i - i_n)}{(1 + i \cdot \text{ctg}\beta)(2 + i_n \text{ctg}\beta)}};$$

где K_p – коэффициент разрыхления породы в отвале; L_ϕ – длина фронта вскрышных работ, м; H_y – средняя высота вскрышного уступа (мощность вскрыши), м; i и i_n – уклон соответственно поверхности и почвы отвала; β – угол откоса отвала, градус.

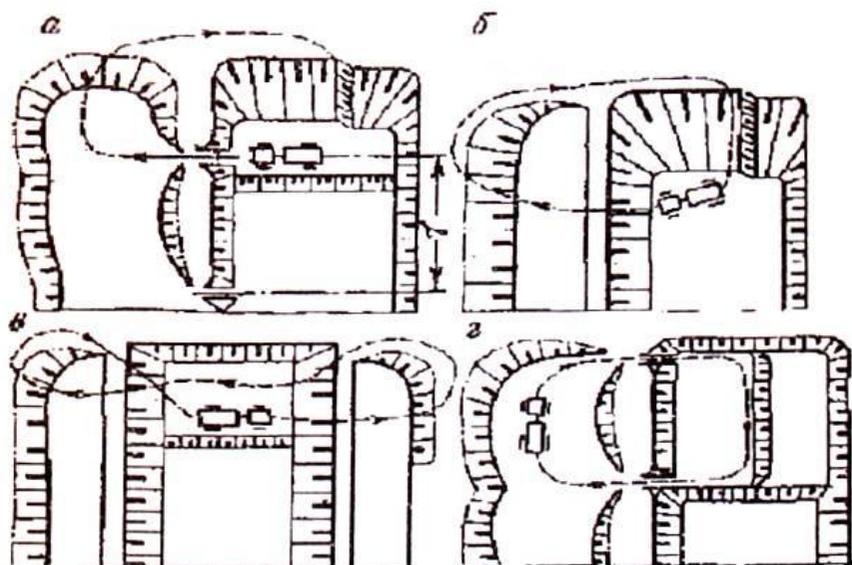


Рис. 84. Варианты поперечной системы разработки при скреперных комплексах.

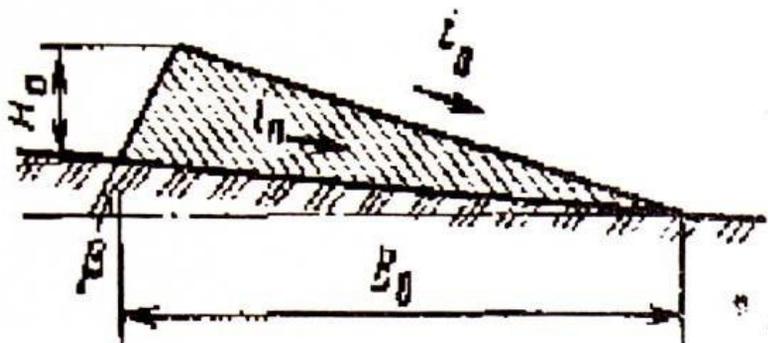


Рис. 85. Схема к определению параметров скреперного отвала

При размещении отвалов на двух бортах карьера в последних двух выражениях вместо $L_ф$ фигурирует величина, равная $0,5 L_ф$.

Продольная система разработки применяется в основном при мощной толще вскрышных пород, отработка которой производится несколькими уступами. Многоуступная разработка мягких и плотных вскрышных пород скреперными комплексами возможна как в период строительства, так и в период эксплуатации карьеров поверхностного и глубинного видов.

Выемка производится торцовыми забоями (рис. 86). При этом продольные заходки обрабатываются по челноковой (см. рис. 86, а) или односторонней (см. рис. 86, б) схеме соответственно с врезкой в новую заходку уступа на обоих и одном флангах фронта работ. Отработка заходок может также производиться от середины карьерного поля к флангам (рис. 86, в) при односторонней схеме отработки каждого участка.

Как создание первоначального торцового скреперного забоя на уступе, так и врезка в новые заходки осуществляются проведением двусторонних котлованов (рис. 87). Таким образом, при использовании скреперных комплексов в состав горно-подготовительных работ не входит проведение наклонных траншей; их роль выполняют сами скреперные забои.

В частном случае выемка в пределах всей многоуступной рабочей зоны может осуществляться одним сплошным торцовым забоем длиной $l_3 = H_{p.з}/i$ ($H_{p.з}$ – высота рабочей зоны карьера). Но, как правило, забои отдельных уступов разделяются «бермами опережения» (см. рис. 86) для обеспечения относительной независимости их отработки. Ширина этих берм равна ширине наклонных рабочих площадок, а длина, помимо компенсации неравномерности работ, должна обеспечить возможность беспрепятственного прохода скреперов и другого оборудования:

$$l_0 \geq 2(l_c + R_c) + 5,$$

где l_c – длина скрепера, м; R_c – радиус поворота скрепера, м.

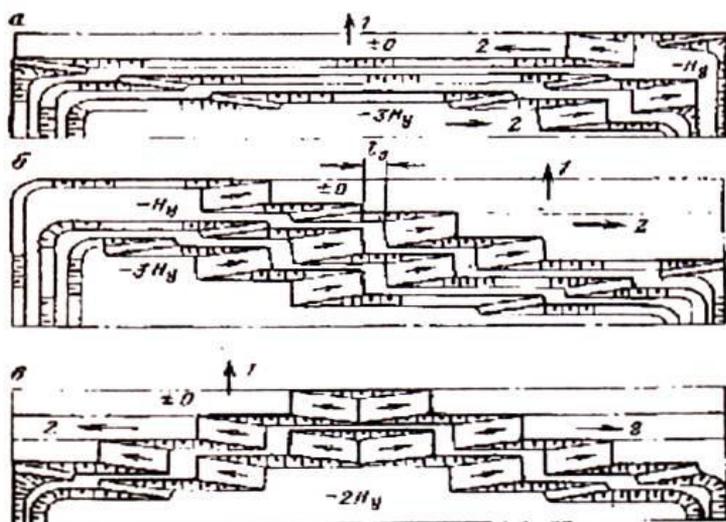


Рис. 86. Варианты продольной системы разработки при скреперных комплексах: 1 и 2 – соответственно направления подвигания фронта работ и отработки заходок.

Высота уступа при многоярусной разработке вскрышных пород скреперами должна удовлетворять условию $H_y \geq i \cdot l_{3 \min}$.

Минимальная длина забоя не должна быть меньше расстояния набора породы скреперным ковшом $l_{н}$. Для мощных скреперов ($E \geq 15 \text{ м}^3$) $l_{н}$ изменяется от 30 до 50 м.

При предварительной подготовке пород к выемке механическим рыхлением наклонных слоев длина забоя $l_{з, \text{min}} \geq 50 \text{ м}$. Для уменьшения простоев скреперного комплекса при наличии крепких включений (валунов и др.), обводненности пород и т.д. необходимо, чтобы длина забоя $l \geq 2l_{з, \text{min}}$, т.е. чтобы длина забоя мощных скреперов при разработке мягких и плотных пород была не менее соответственно 60–70 и 90–100 м.

Такая длина забоя может быть достигнута даже при малой высоте уступа или уменьшении i . Поэтому при использовании скреперных комплексов высота уступа не зависит от параметров оборудования и применяется в соответствии с горно-геологическими условиями (в частности, по условиям устойчивости откосов уступов и бортов карьера) и необходимой скоростью подвигания фронта работ.

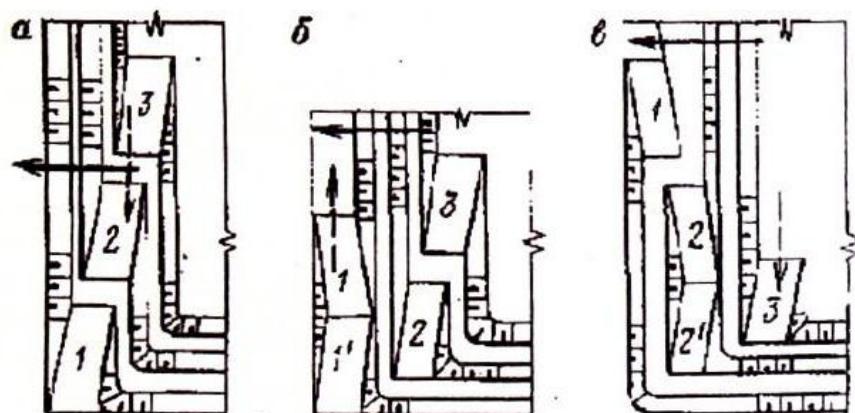


Рис. 87. Схемы врезки в новые скреперные заходки на смежных уступах: а – положение перед врезкой на 1-м уступе; б и в – врезки соответственно на 1-м и 2-м уступах; 1, 2 и 3 – торцовые скреперные забои; 1' и 2' – торцовые забои при создании двустороннего котлована.

Ширина рабочей площадки уступа $Ш_{р.л}$ определяется суммарной шириной полос скреперования и рыхления, транспортной и дренажной полос. При использовании скреперов с ковшем емкостью 25–30 м³ $Ш_{р.н} = 50 \div 44$ м при плотных породах и $Ш_{р.л} = 35 \div 40$ м при мягких породах. Такая ширина рабочих площадок необходима только в пределах забоев. На остальных участках фронта уступа должны оставаться транспортные бермы. Выемка породы в пределах уступа может осуществляться одним забоем при челноковой схеме работы скреперов и одним–тремя забоями при двусторонней схеме. Обычно рабочий фронт карьера имеет переменный угол откоса по длине фронта работ.

Контрольные вопросы:

1. Для производства каких работ применяются скреперные комплексы?
2. Какие существуют схемы скреперования при применении скреперных комплексов?
3. Охарактеризуйте схему скреперования с размещением вскрышных пород на бортах карьера.
4. Какие системы разработки применяются при скреперных комплексах?
5. Как происходит отработка участка при выемке забоями-площадками?

4.14. Бульдозерные технологические комплексы

Бульдозеры широко применяют на горно-подготовительных, планировочных, строительных и вспомогательных работах, а также в качестве основного оборудования при разработке россыпей.

Ниже бульдозерные комплексы рассматриваются в основном применительно к разработке россыпей.

Бульдозерная разработка многолетнемерзлых песков по мере их оттаивания производится в летний период забоями-площадками одновременно в пределах панели всего или части полигона. Разработка песков производится веерными, парал-

лельными продольными или поперечными, диагональными или комбинированными заходками (рис.88).

При выемке и перемещении песков по вееру к приемному бункеру промывочной установки (см. рис. 88, а) отработку панелей, как правило, начинают на участках, наиболее удаленных от бункера. Перемещение песков производят по траншеям, образуемым породными валиками.

Пески обводненных полигонов, содержащие значительный объем ила, глины, льда, разрабатывают параллельными заходками (террасовые и увальные россыпи, см. рис. 88, б) или диагональными заходками (узкие россыпи, см. рис. 88, в) с перемещением песков в аккумулирующую траншею глубиной 0,5–1 м. Далее разжиженную породную массу одним или спаренными бульдозерами перемещают по траншее к приемному бункеру. Ширина дна траншеи определяется длиной лемеха бульдозера и необходимыми зазорами. Проведение аккумулирующей траншеи осуществляется при систематической выемке талого слоя или с предварительным рыхлением пород на глубину траншеи.

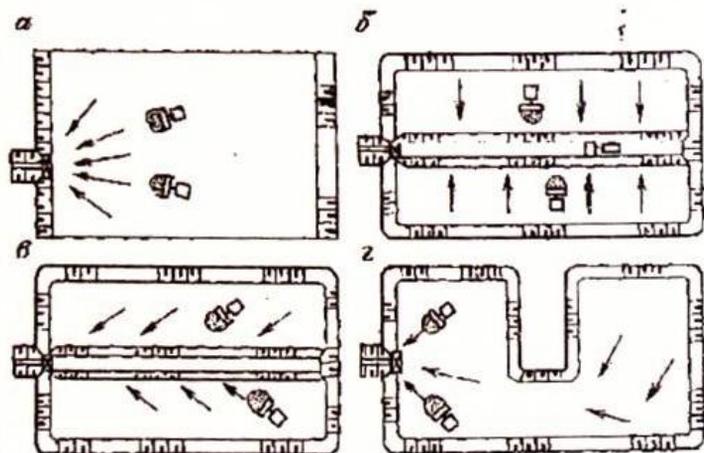


Рис. 88. Варианты систем разработки россыпей бульдозерами.

При комбинированной системе боковые участки полигона различной конфигурации обрабатываются параллельными заходками (вспомогательными), а основная площадь полигона – радиальными заходками в направлении приемного бункера (см. рис. 88, з).

Выемку песков около приемного бункера промывочной установки производят после полной отработки площади полигона, так как в углублении около бункера может скапливаться вода, ухудшающая условия работы бульдозеров.

Среднее расстояние транспортирования песков бульдозерами принимается в пределах 70–120 м. Процессы разработки и промывки песков технологически взаимосвязаны, поэтому необходимо соответствие производительности комплекса бульдозерного оборудования и оптимальной производительности промывочной установки. Вследствие этого при расчете производительности комплекса оборудования необходимо учитывать как трудность экскавации и расстояние перемещения песков, так и их промывистость, обеспеченность комплекса тальными породами, содержание в них льда и валунов и подэфеленис шлюзов.

Бульдозерная разработка вскрышных пород производится при их мощности $H_n \leq 3 \div 4$ м и перемещении на расстояние $L \leq 100 \div 150$ м во внешние или внутренние отвалы. С увеличением мощности бульдозеров до 200 кВт и более их применение на вскрышных работах при разработке россыпей эффективно при $H_n \leq 6 \div 10$ м и $L \leq 200 \div 250$ м при угле подъема до 27° .

Основные системы разработки – поперечная и веерная. При поперечной системе выемка и перемещение породы осуществляются параллельными продольными заходками (ходами бульдозера, рис. 89, а) в направлении, перпендикулярном к оси полигона. При этом по всему борту вскрываемого полигона устраивают пологий выезд. Вскрышные породы складировать в отвалы треугольного или трапецеидального (в поперечном профиле) сечения с одной или обеих сторон полигона. При этом возможны выемка горизонтальными тонкими слоями постоянной

мощности по всей площади полигона (сплошная выемка) и выемка траншейными заходками путем образования ряда параллельных траншей глубиной 0,6–0,7 м, разделенных целиками шириной 0,5–0,6 м. Вначале разрабатывают породу забоями-площадками в траншеях, а затем целики между ними. Траншейный вариант предпочтителен при льдонасыщенных породах.

При веерной системе разработки (рис. 89, б) полигон вскрывают временными наклонными траншеями, расстояние между которыми зависит от мощности вскрышных пород и ширины полигона.

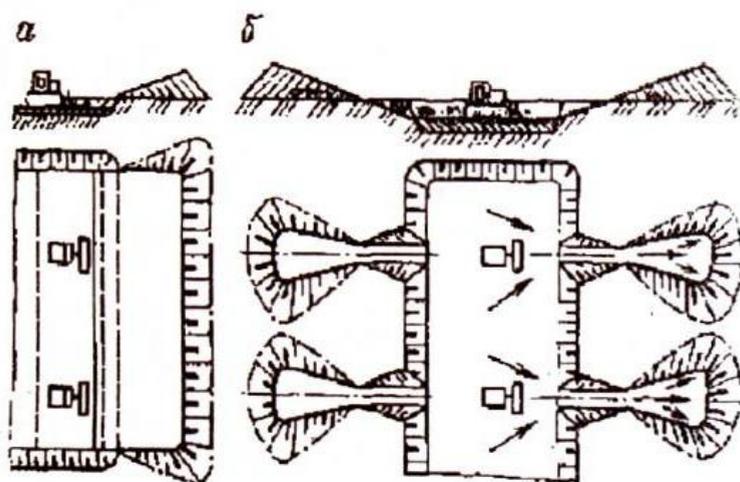


Рис. 89. Поперечная и веерная системы разработки вскрышных пород (торфов) бульдозерами.

Выемка и перемещение пород в пределах полигона осуществляются радиальными ходами бульдозера по направлению к траншеям. Отвалы имеют секторную форму в плане. Веерная система рациональна при мощности вскрышных пород 3–4 м и ширине полигона 40–50 м.

При веерной системе разработки необходимо правильно установить расстояние между временными траншеями, а при

поперечной системе разработки – расположение пологого выезда относительно контуров полигона. Пологие выезды устраивают за пределами, внутри или только частично внутри полигона (рис. 90). При первом варианте упрощается устройство выезда, но при этом увеличивается объем вскрышных работ и расстояние перемещения породы (см. рис. 90, *а*). При половинном разносе борта (см. рис. 90, *б*) дополнительный объем вскрыши уменьшается на 75%, а расстояние перемещения породы на подъем – на 50%. Объемы вскрыши и расстояния перемещения породы бульдозерами минимальные при расположении выезда внутри контура разреза (рис. 90, *в*), что целесообразно при соотношении длины выезда L и ширины B полигона в пределах $L:B \leq 0,3$. Оставляемые при втором и третьем вариантах расположения выездов в контуре разреза породные целики обрабатываются сначала поперечными, а затем продольными ходами бульдозера по откосу. При этом производительность бульдозеров увеличивается на 10-15 %.

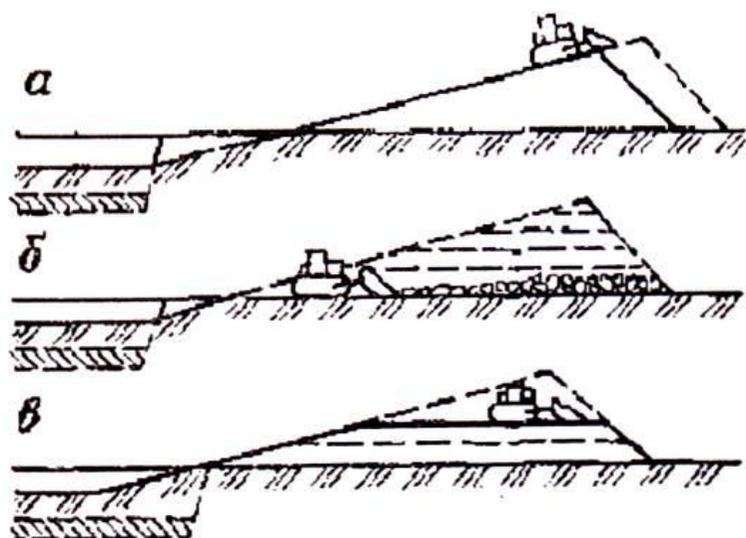


Рис. 90. Схемы расположения выездов и формирования отвалов бульдозерами.

Разработку плотных и мерзлых пород производят горизонтальными тонкими слоями или уступами высотой 1,5–5 м. Подготовку пород к выемке осуществляют механическим рыхлением горизонтальных слоев, а во втором случае – механическим рыхлением наклонных слоев или взрыванием на высоту уступа. Выемка горизонтальными слоями часто затруднена из-за наличия крупных кусков, что ведет к поломкам бульдозеров. В таких условиях целесообразна уступная выемка. Уступы образуются посредством проведения наклонной (подготовительной) и разрезной траншей с применением механических рыхлителей или буровзрывных работ. Бульдозер параллельными ходами подает породу в эту траншею как в аккумулярующую, по которой порода перемещается бульдозером в отвал.

Отвалообразование при работах с разносом бортов разреза обычно производят наклонными слоями под постоянным углом (14–21°) при перемещении породы бульдозером под откос (см. рис. 90, а) или горизонтальными слоями мощностью 0,8–1,2 м, которые наращивают попеременно наступающим и отступающим фронтом (см. рис. 90, б, в). Средняя высота подъема породы при формировании отвала горизонтальными слоями в 2 раза меньше, чем при наклонных слоях, а производительность бульдозеров увеличивается на 20–25 %. Иногда более половины объема торфов вынимают параллельными заходками с образованием отвала под прямым углом к оси полигона, а остальную часть торфов складывают на ранее образованном отвале под острым углом к оси полигона.

Часто россыпи расположены в долинах рек и ручьев с большими уклонами и крутыми увалами, на которых емкость отвалов ограничена. В этих случаях транспортирование пород бульдозером в отвал следует производить под острым углом в сторону уклона. На площадках с крутым подъемом отвалообразование ведут при параллельных ходах бульдозера также под острым углом к направлению долины, при этом небольшие отвалы расположены почти параллельно долине.

Контрольные вопросы:

1. Для каких работ применяют бульдозеры?
2. Принцип работы бульдозеров.
3. Как производится бульдозерная разработка вскрышных пород?
4. Основные системы разработки при бульдозерном технологическом комплексе.
5. Как производят отвалообразование бульдозерами?

4.15. Гидромеханизированные комплексы горных работ

Как при самотечном, так и при напорном транспорте размыв горных пород может выполняться: гидромониторами без предварительного или с предварительным рыхлением массива; в специальных передвижных установках при экскаваторной выемке и рыхлении породы; гидромониторами в навалах породы, созданных при предварительном механическом рыхлении породы.

Размыв пород уступа производится попутным, встречным или попутно-встречным забоем (рис. 91).

При размыве попутным забоем направление движения потока пульпы в забое совпадает с направлением движения струи гидромонитора, а при встречном забое направление стока пульпы противоположно ее движению. При установке гидромонитора на верхней площадке уступа размыв производится преимущественно попутным забоем, а при установке гидромонитора на нижней площадке – попутным или встречным забоем. Иногда применяют попутно-встречный размыв.

Преимущество размыва с верхней площадки уступа попутным забоем заключается в том, что гидромониторы и водоводы всегда монтируются на сухом месте, благодаря чему значительно облегчаются работа обслуживающего персонала и передвижка оборудования. Кроме того, размыв может производиться с меньшим недомывом породы, так как струя гидромонитора,

действуя по направлению потока пульпы, способствует ее перемещению.

Размыв встречным забоем широко используется на вскрышных работах в карьерах. Согласно Правилам технической эксплуатации, расстояние от места установки гидромонитора с ручным управлением до забоя должно составлять не менее 0,8 высоты уступа. При разработке глинистых плотных пород, которые могут обрушаться глыбами, это расстояние должно быть не менее 1,2 высоты уступа. По Правилам безопасности на открытых горных работах высота уступа при гидромониторной разработке должна быть не более 30 м.

Увеличение транспортирующей способности пульпы и уменьшение растекания ее в призабойном пространстве достигаются установкой вдоль забоя пульпонаправляющих щитов высотой 0,4–0,5 м, а для сосредоточения потока пульпы струей гидромонитора проводят канаву.

Протяженность фронта работ гидромонитора влияет на угол встречи струи с откосом уступа. С увеличением длины фронта уменьшается ударная сила струи и снижается производительность гидроустановки. В то же время увеличивается объем породы, приходящейся на один пульповод и водовод, что способствует общему уменьшению их протяженности, числа передвижек, а следовательно, и сокращению затрат на монтажные и демонтажные работы.

Длина фронта работ на гидроустановку влияет также на величину недомыва и на изменение характера обрушения. Для глинистых пород длина фронта составляет 18–25 м, для песков – 30–60 м, а для суглинков – 25–45 м. При разработке на россыпях пород, содержащих 50–70, 30–50 и менее 30 % гальки и щебня, а также при уклонах плотика менее 0,03 фронт работ гидроустановки L_{ϕ} принимают соответственно не более 50, 55–60, и 60–70 м.

Гидромеханизированные добычные комплексы применяются при разработке террасовых, увальных, верховых и ключевых (реже долинных) россыпей, в основном при талых породах

(песчаных, супесчаных, суглинистых) с небольшим содержанием обломочного материала (галки, щебня и особенно валунов); при разработках слабосцементированных пород и тяжелых суглинков необходимо предварительное разрыхление их.

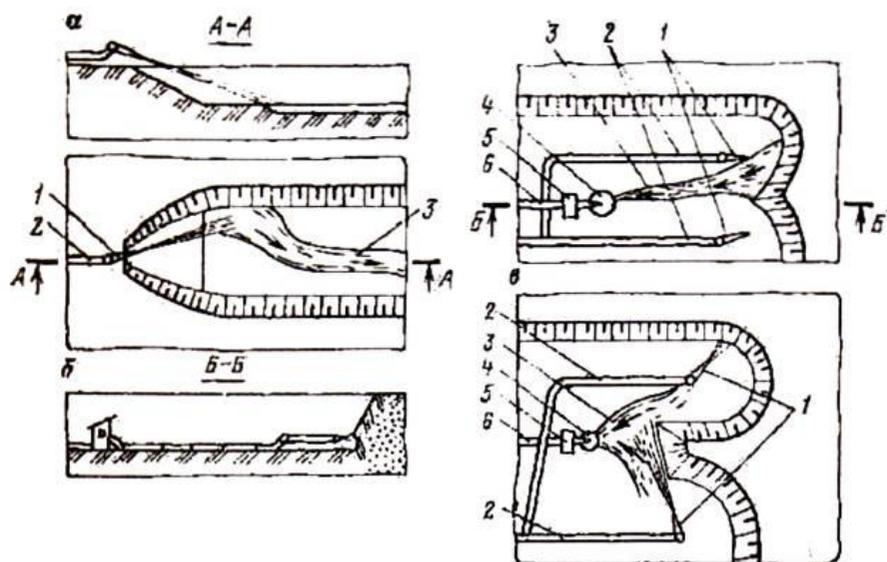


Рис. 91. Схемы размыва: *а* – попутным забоем; *б* – встречным забоем; *в* – попутно-встречным забоем; 1 – гидромонитор; 2 – водоводы; 3 – поток гидросмеси; 4 – зумпф; 5 – землесосная установка; 6 – пульповод.

Подготовка и выемка песков осуществляется гидромониторным размывом; перемещение пульпы к приемному бункеру землесосной установки или непосредственно к шлюзовой установке самотеком.

Размыв песков на россыпях мощностью от 2 до 8 м и шириной более 40 м при поперечной системе разработки наиболее часто производится наступающим попутным забоем с предварительным проведением нарезной канавы для самотечного гидро-транспорта (рис. 92, *а*). Длина канавы равна длине панели, от-

рабатываемой при одной установке грунтового насоса (гидроэлеватора), и составляет 30–40 м.

При мощности россыпи до 2–3 м применяют также размыв отступающим попутным забоем с расположением гидромониторов на кровле песков.

Размыв встречным забоем (рис. 92, б) применяется в основном при разработке мощных россыпей (до 20–30 м) в связи с отсутствием нарезных работ

Размыв боковым (попутно-встречным) забоем широко применяется при веерной системе разработки. Наиболее часто отработка секторов производится двумя гидромониторными забоями (см. рис. 92, б). Подвигание фронта по полному вееру применяют на россыпях мощностью 1,5–2 м с малым уклоном плотика (менее 0,001). Размыв боковым забоем возможен также при поперечной системе разработки (рис. 92, в).

Применение шлюзовых установок без предварительного грохочения песков характерно для гидромеханизированных технологических комплексов разработки увальных и часто террасовых россыпей, имеющих уклон плотика более 0,04–0,05. Размытые пески перемещаются по выносной канаве к промывочной установке на расстояние до 2 км. Хвосты промывки на шлюзах глубокого наполнения (длиной до 100 м, в виде секций длиной 3–4 м) размещаются в отвал самотеком или (при недостаточной площади) с применением гидромонитора или бульдозера.

При уклоне плотика россыпи менее 0,04–0,05 в указанных условиях применяются понуро-шлюзовые промывочные установки с гидромониторным размывом и подъемом песков по понуру и уборкой слива шлюза. Шлюзы длиной до 40 м застилают резиновыми ковриками с укладкой сверху трафаретов и плоских грохотов. Понуро-шлюзовые установки применяются также при бульдозерной выемке и перемещении песков на увальных и террасовых россыпях в районах многолетней мерзлоты.

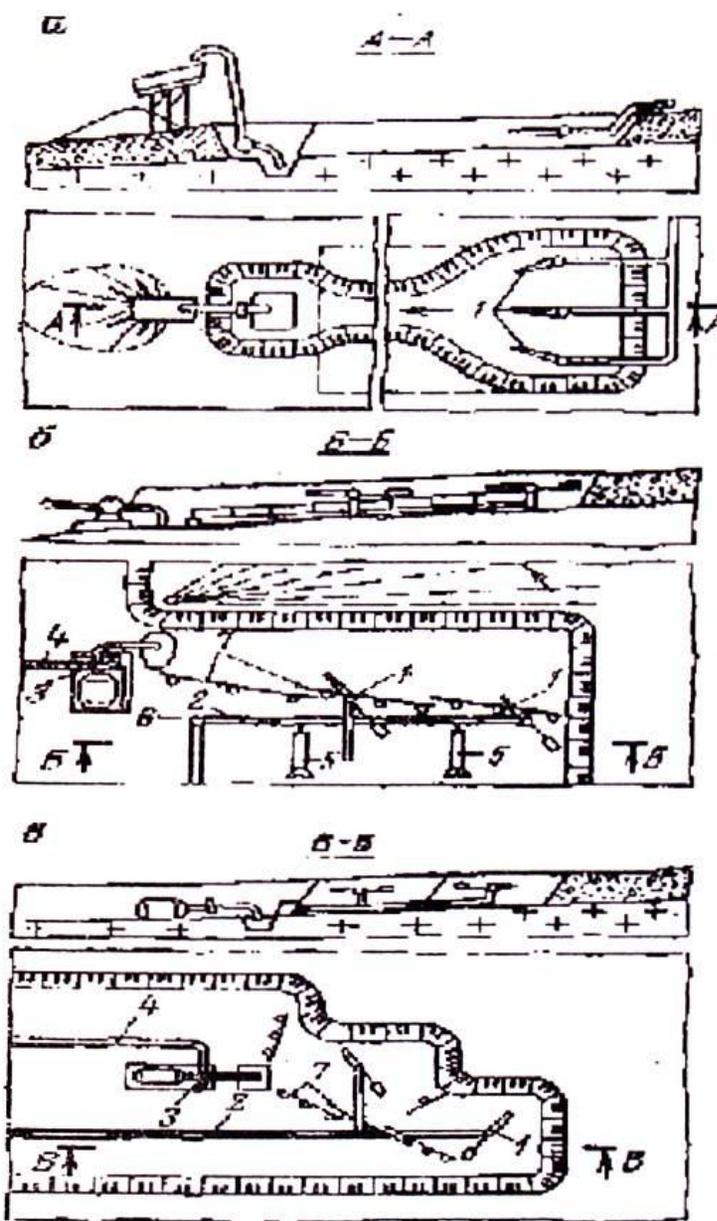


Рис. 92. Схемы технологических гидромеханизированных комплексов:
 1 – гидромониторы; 2 – водовод; 3 – грунтовый насос

Землесосные промывочные установки характерны для гидромеханизированных комплексов с напорным гидротранспортом песков, широко распространенных на уральских приисках. Такие промывочные установки состоят из землесосной установки и обогатительного прибора.

Поступающая на грохот приемного бункера (зумпфа) пульпа размывается гидромониторной струей со смывом крупной гальки в отвал. Подрешетный продукт ($<100-120$ мм) грунтовым насосом по пульповоду подается на обогатительный прибор. Промывка осуществляется по двух-стадийной схеме на приборах двух типов.

Прибор первого типа представляет собой один или несколько параллельных шлюзов (ширина $0,72-0,8$ м, длина $20-42$ м), установленных на общей эстакаде. У длинных шлюзов (42 м, $i = 0,05$) первая часть (27 м) застилается резиновыми ковриками и армируется тяжелыми трафаретами; во второй части на высоте $60-80$ мм от дна устанавливаются грохоты (перфорация 10 мм), а дно застилается ворсистыми матами и низкими трафаретами. У коротких шлюзов (20 м, $i = 0,09$) первая и вторая части по длине (5 и 15 м) имеют аналогичное длинным шлюзам устройство.

Обогатительный прибор второго типа состоит из одно- или двухсекционного шлюза глубокого наполнения (длина $5-6$ м, $i = 0,06 \div 0,1$), плоского неподвижного грохота (перфорация $15-40$ мм) и шестисекционного шлюза мелкого наполнения (подшлюзки, длина $5-9,6$ м, $i = 0,08 \div 0,105$).

Землесосные промывочные установки применяются в бульдозерно-гидромеханизированных добычных комплексах при эксплуатации глубокозалегающих и обводненных россыпей. При этом увеличивается производительность труда на промывке песков и уменьшаются затраты. Для выемки, перемещения и окуливания песков на расстоянии $20-40$ м от зумпфа целесообразно использовать мощные бульдозеры (220 кВт и более), а подачу песков на грохот приемного бункера осуществлять бульдозерами мощностью $75-130$ кВт.

Важное значение имеет местоположение промывочной установки. Гидроэлеваторные и конвейерно-скрубберные установки необходимо размещать как можно ближе к добычной панели. Обоганительные приборы землесосных промывочных установок можно устанавливать на значительном расстоянии от разреза, учитывая при этом продолжительный срок стоянки, возможность самотечного перемещения хвостов промывки, условия отстоя и осветления воды и др. Средняя производительность землесосной промывочной установки за сезон составляет 120 тыс. м³ и более.

Экскаваторно-гидромеханизированные и экскаваторно-бульдозерно-гидромеханизированные комплексы применяются в основном при добыче редкометальных песков редких металлов (ильменитовых, монацитовых и др.) при их мощности 4–15 м и более. Подготовка к выемке талых песков заключается в их осушении, а мерзлых – в предварительном оттаивании или с применением взрывных работ.

Оборудование экскаваторно-гидромеханизированного комплекса представлено обычно драглайном и землесосной промывочной установкой. Драглайном осуществляется выемка и складирование песков вблизи приемного бункера землесосной установки, а затем производится гидромониторный размыв песков в навал и транспортирование их по пульповоду на обогащительный прибор.

Применение экскаваторно-бульдозерно-гидромеханизированных комплексов позволяет увеличить шаг перестановки землесосной установки (размеры добычной панели), повысить ее производительность и уменьшить расстояние самотечного перемещения пульпы.

Экскаваторно-транспортный добычный комплекс состоит из мехлопат (или драглайнов, $E \leq 5$ м³) и автосамосвалов или из роторных (цепных) экскаваторов и ленточных конвейеров. Перемещение добытых песков производится на обогащительную фабрику. Промывка их и хвостовое хозяйство при этих комплексах не связаны непосредственно с технологией добычных работ, за исключением взаимоувязки по производительности. При

использовании на вскрышных и добычных работах экскаваторно-транспортного оборудования опережение вскрышных уступов составляет 4–10 мес. Значительное опережение возможно при различных системах разработки торфов и песков, а также при круглогодичной добыче и сезонном ведении вскрышных работ. В зависимости от глубины залегания и мощности россыпи и принятой высоты уступов в одновременной разработке находится от одного до четырех вскрышных и добычных уступов.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется размыв горных пород?
2. Какими забоями производится размыв пород уступа?
3. Где применяются гидромеханизированные добычные комплексы?
4. Для каких комплексов характерны землесосные промывочные установки?
5. Каким оборудованием представлен экскаваторно – гидромеханизированный комплекс?

4.16. Транспортные технологические комплексы.

Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы при сплошных системах разработки

Транспортные технологические комплексы применяются при разработке горизонтальных и пологих залежей любой мощности. При сплошных системах разработки эти комплексы характерны для разработки верхней части мощной толщи вскрышных пород на горизонтальных месторождениях (с созданием передовых уступов).

Затраты на выемочно-погрузочные работы, перемещение и отвалообразование при разработке мягких, плотных и разнородных пород обычно характеризуются соотношением 4:4:2. Поэтому экономичность разработки зависит одновременно от применяемых средств выемки, вида транспорта и расстояния

перемещения горной массы, в первую очередь вскрышных пород.

Для транспортных технологических комплексов обязательно раздельное выполнение процессов выемки, погрузки, а также транспортирования горной массы вдоль фронта работ уступов.

Как правило, отдельно выполняется и процесс отвалообразования.

Для уменьшения расстояния внутрикарьерных перевозок при больших размерах карьерных полей могут применяться: поперечная однобортная система разработки; продольная однобортная система разработки при сдвоенном фронте работ уступов с одним или двумя транспортными выходами;

продольная система разработки при строенном фронте работ уступов с тремя транспортными выходами.

Поперечная система применяется при разработке горизонтальных месторождений с использованием комплексов оборудования ЭАО, иногда комплексов ВКО.

Сдвоенный фронт с двумя фланговыми транспортными выходами широко распространен при внутреннем отвалообразовании (рис. 93, а), протяженности фронта работ 3–4 км и более и использовании железнодорожного и конвейерного транспорта. Вскрытие одного уступа двумя временными съездами применяется при работе комплексов ЭАО, когда протяженность фронта уступов, обрабатываемых с перемещением породы во внешние отвалы (обычно рассредоточенные), составляет 1,5–2 км и более (рис. 93, б). Строенный фронт работ вскрышных уступов при внутреннем отвалообразовании обуславливает необходимость оставления временных целиков полезного ископаемого и дамбы вскрышных пород до почвы рассматриваемого уступа (рис. 93, в). Такая конструкция фронта может быть целесообразной при небольших мощностях горизонтальной залежи и вскрышных пород при использовании комплексов оборудования ЭАО или ВКО.

Оставление временной или постоянной породной перемычки между отдельными участками карьерного поля по простираанию

залежи характерно при поочередном их вводе в разработку с большим интервалом во времени (рис. 93, з).

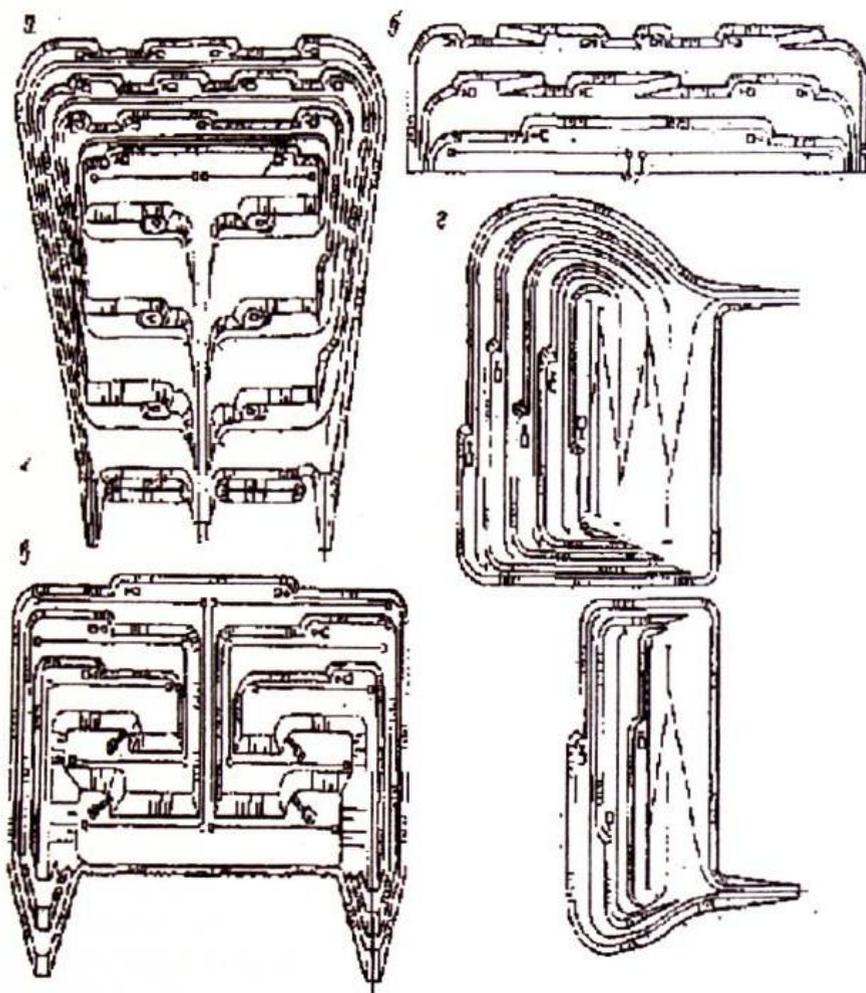


Рис. 93. Конструкция фронта работ уступов при использовании комплексов ЭТО и ВТО.

При разработке пологих месторождений горизонтальными слоями по мере подвигания фронта работ в связи с увеличением

мощности вскрыши ширина породной перемычки и объем целлика полезного ископаемого постоянно возрастают, а фронт внутренних отвалов сокращается; поэтому строенная конструкция фронта, как и опережающая разработка отдельных участков карьерного поля, в этих условиях в большинстве случаев неэффективны.

При внешнем отвалообразовании несколько трасс временных съездов возможны при работе комплексов ЭАО обычно только на верхних горизонтах при разработке пологих залежей.

Перемещение пород транспортом вдоль фронта работ не ограничивает высоты рабочей зоны карьера и мощности обрабатываемых вскрышных пород. Поэтому параметры систем разработки, в том числе и объемы вскрытых запасов полезного ископаемого, зависят от рабочих размеров применяемого оборудования в меньшей степени, чем при использовании комплексов ЭО и ВО.

4.17. Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы

Рациональное расстояние перемещения пород конвейерами при разработке мягких и среднеплотных пород на карьерах большой мощности достигает 6–8 км. В таких условиях конвейерный транспорт вполне конкурентоспособен с железнодорожным по затратам, отнесенным на 1 м³ транспортируемой породы.

Протяженность конвейерных линий и число перегрузок минимальны при разработке одного вскрышного уступа вытянутого карьерного поля с перемещением породы во внутренний отвал и одинаковых скоростей подвигания фронтов вскрышных и отвальных работ (рис. 94, а). Роторный экскаватор 1 осуществляет погрузку породы на забойный конвейер 2 непосредственно или через забойный перегружатель. В последнем случае увеличивается шаг передвижки забойных конвейеров (ширина

панели) и облегчаются условия отработки тупиков и врезка в новую вскрышную заходку. Далее порода поступает на передаточный конвейер 3, установленный на соединительной берме в торце карьера, с которого непосредственно или через межступный перегружатель доставляется на отвальный конвейер 4 и консольный отвалообразователь 5.

При аналогичных условиях в случае внешнего отвалообразования (рис. 94, б) порода с передаточного конвейера 3 через межступный перегружатель 6 подается на соединительный конвейер 7, расположенный на поверхности, а затем по отвальному конвейеру 4, транспортируется к отвалообразователю 5. В качестве межступных перегружателей могут использоваться консольные отвалообразователи или двухопорные конвейерные мосты.

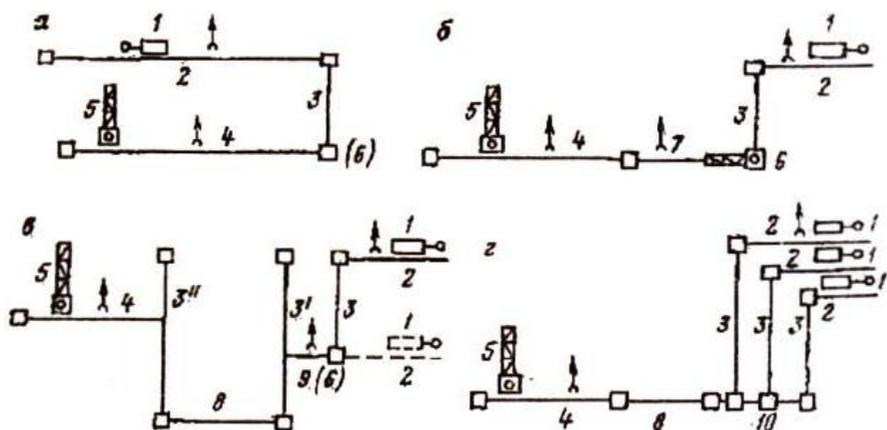


Рис. 94. Схемы транспортирования вскрышных пород конвейерами.

В комплексе (см. рис. 94, а) одновременно передвигаются забойный и отвальный конвейеры, а в комплексе (см. рис. 9.6, б) – также и соединительный конвейер на поверхности. Поэтому при комплексе, показанном на рис. 94, б, объем вспомогательных работ весьма велик; несмотря на экономию, получаемую за счет

уменьшения капитальных затрат на монтаж конвейеров, увеличиваются эксплуатационные расходы на дополнительную передвижку их и уменьшается производительность мощного оборудования из-за простоев.

При внешнем отвалообразовании в случаях неодинаковых скоростей подвигания фронтов вскрышных и отвальных работ, разных направлений их развития, а также для снижения объема передвижки при значительной длине соединительных конвейеров на поверхности вместо них в комплекс включают (рис. 94, в) горизонтальный магистральный конвейер 8, передаточный конвейер 3", монтируемый в торце отвала на кровле нижнего отвального уступа, и передаточный конвейер 3' на поверхности у торцевого контура карьера. Вместо межступенных перегружателей в карьере и на отвале рационально использовать наклонные магистральные конвейеры 9.

При разработке мощной толщи покрывающих мягких пород несколькими уступами комплекс включает (рис. 94, г) сборочный наклонный магистральный конвейер 10, с которого порода поступает на горизонтальный магистральный конвейер 8.

При внутреннем отвалообразовании группирование грузопотоков одинаковых (по месту разгрузки) пород осуществляется обычно путем установки общих передаточных (рис. 95, а и б) или забойных (рис. 95, в) конвейеров. При перемещении пород к различным пунктам разгрузки необходимо сохранять элементарные грузопотоки и иметь несколько забойных, передаточных и отвальных конвейерных линий. По этим причинам число забойных конвейерных линий может быть меньше и больше числа обслуживаемых рабочих горизонтов или равно ему (рис. 96).

Таким образом, комплекс оборудования может включать: забойные, передаточные, отвальные, магистральные, наклонные и горизонтальные конвейеры, забойные и межступенные перегружатели. Передвижка конвейерных линий обычно осуществляется турнодозерами. Забойные конвейеры комплектуются самоходными погрузочными бункерами, а отвальные – самоходными разгрузочными тележками. Отдельные конструкции

передаточных конвейеров обладают телескопичностью, что позволяет сократить простои и обеспечить независимость передвижки смежных конвейеров.

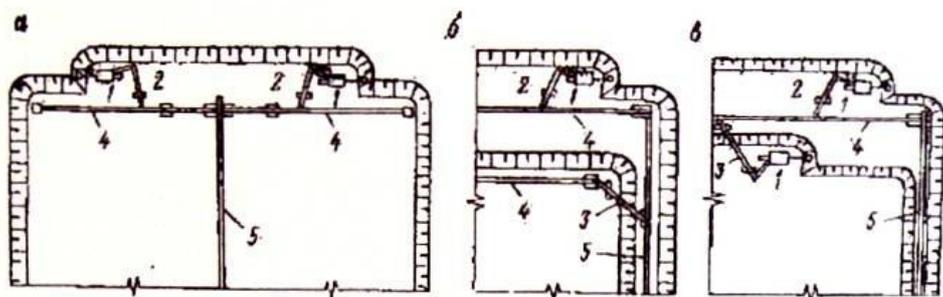


Рис. 95. Схемы группирования грузопотоков при конвейерном транспорте: 1 – роторный экскаватор; 2 и 3 – соответственно забойный и межступенный перегружатели; 4 и 5 – соответственно забойный и передаточный конвейеры.

При перемещении вскрышных пород конвейерами во внутренние отвалы и наличии элементарных грузопотоков в случае равенства отметок горизонтов отвалообразования и рабочих площадок вскрышных уступов исключается установка дополнительных отвалообразователей или межступенных перегружателей.

Группирование грузопотоков, а следовательно, и горизонтов позволяет для их обслуживания применять один забойный, передаточный и отвальный конвейеры (см. рис. 96) или два забойных и один передаточный и отвальный конвейеры (см. рис. 95, б). При этих схемах экскавации снижаются как капитальные затраты на забойные и передаточные конвейеры, так и эксплуатационные расходы, в том числе на их передвижку; уменьшается число горизонтов и увеличивается высота уступов внутренних отвалов. Недостатком этих схем является наличие межступенных перегружателей.

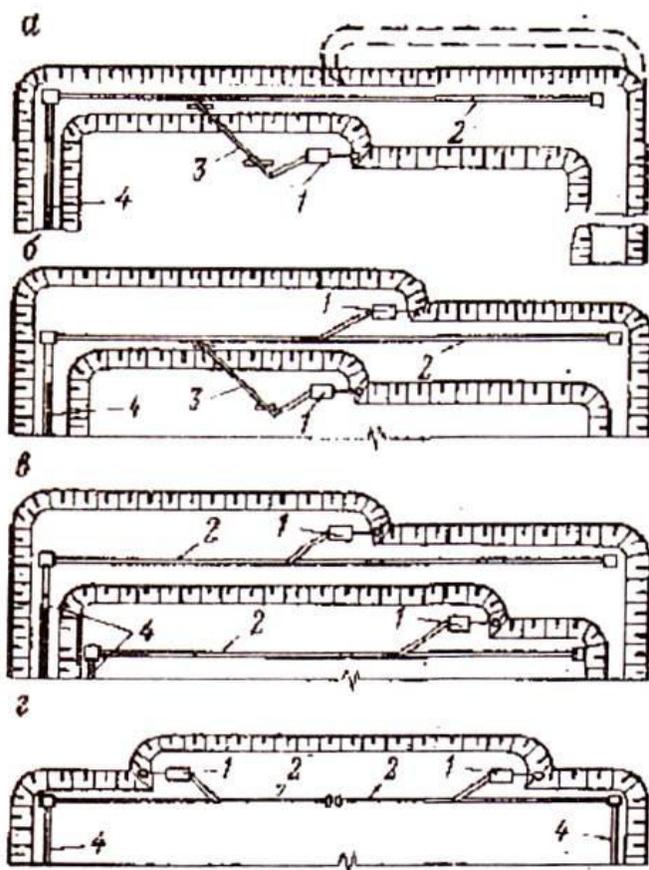


Рис. 96. Схемы экскавации при использовании комплексов ВКО:
а – с разработкой уступа двумя подступами одним роторным экскаватором;
б – с разработкой подступов отдельными экскаваторами при общем забойном конвейере;
в – с разработкой отдельными уступами без группирования грузопотоков;
г – с двумя экскаваторами и забойными конвейерами на уступе;
 1 – роторные экскаваторы, 2 – забойные конвейеры; 3 – межступные перегружатели; 4 – передаточный конвейер.

Применяются и схемы экскавации, предусматривающие разработку высоких вскрышных уступов. Уступ разделяют на подступы, которые отрабатывают с применением одного комплекса оборудования непрерывного действия, при этом

сокращаются линейные параметры роторных экскаваторов, их масса и стоимость. Забойный конвейер в таком технологическом комплексе расположен на кровле нижнего подустапа (см. рис. 96). Затем экскаватор обрабатывает заходку на верхнем подуступе, холостым ходом возвращается к ее началу, спускается по съезду на рабочую площадку нижнего подустапа и производит отработку съезда, после чего следует к месту врезки в новую заходку нижнего подустапа и начинается новый технологический цикл отработки.

Контрольные вопросы:

1. При разработке каких залежей применяются транспортные технологические комплексы?
2. Какие системы разработки применяются для уменьшения расстояния внутрикарьерных перевозок?
3. При каких случаях протяженность конвейерных линий минимальна?
4. Охарактеризуйте схемы транспортирования вскрышных пород конвейерами.
5. Как осуществляется группирование грузопотоков одинаковых пород при внутреннем отвалообразовании?

4.18. Технологические комплексы с перемещением породы железнодорожным транспортом во внутренние отвалы при сплошных системах разработки

При веерной системе разработки соединительные железнодорожные пути между забоями и внутренними отвалами можно прокладывать через путепровод над капитальной общей траншеей или в редких случаях – по транспортным бермам в торце карьера. В то же время перемещение породы в отвалы внутрикарьерным транспортом по бермам широко распространено при продольной однобортовой системе разработки и вскрытии добычных горизонтов одной фланговой или центральной одинарной или групповой капитальными траншеями. При вскрытии фланговой траншеей породные транспортные

бермы размещаются на противоположном торцовом борту карьера, а при вскрытии центральной траншеей — на обоих бортах.

Во всех рассмотренных случаях грузопотоки вскрышных пород и полезного ископаемого разделены и независимы. При устройстве путепровода транспортные коммуникации вскрышных и добычных грузопотоков пересекаются на разных уровнях, и поезда с породой могут проходить через станцию Породная или не заходить на нее. При транспортировании породы на внутренние отвалы по внутрикарьерным бермам через станцию следуют только поезда с полезным ископаемым, а поезда с породой заходят на нее периодически для экипировки и ремонта. При работе на каждом вскрышном уступе одного экскаватора формируется элементарный породный грузопоток, обслуживаемый этим экскаватором, целым числом поездов (обычно двумя) и отвальным экскаватором. Каждый такой независимый комплекс вскрышного оборудования имеет разветвленную структуру. При этом на стационарных участках: внутрикарьерных путей уклоны и подъемы не более $8-12 \text{ }^{\circ}/\text{ок}$ поэтому полезная масса поезда рассчитывается только на сопротивление движению по условиям трогания поездов с места.

Если комплекс вскрышного оборудования включает несколько забойных экскаваторов и один или более отвалообразователей, группирование грузопотоков нескольких вскрышных уступов осуществляется с помощью съездов, расположенных на торцовых бортах карьера. Нарезку новых уступов при разработке пологих месторождений целесообразно производить с применением мехлопат с удлиненным оборудованием.

При продольной однобортовой системе разработки фронт работ на каждом уступе одинарный тупиковый или сквозной, или сдвоенный тупиковый соответственно при вскрытии одной и двумя фланговыми капитальными траншеями, а при веерной системе — одинарный тупиковый. Тупиковую часть одинарного фронта отрабатывают по схеме, аналогичной выемке в

тупиковых заходках торцовым забоем (с подачей под погрузку одного-двух вагонов) или обычным торцовым (при мехлопатах и цепных экскаваторах на гусеничном ходу) и фронтальным забоями (при цепных экскаваторах на рельсовом ходу). В последнем случае в конце фронта работ устраивают железнодорожный тупик с закруглением, чтобы весь состав проходил мимо экскаватора до конца тупика. Криволинейную фланговую часть фронта (в том числе сдвоенного тупикового и одинарного сквозного) отрабатывают с постепенным уменьшением ширины заходки.

При установке в пределах одинарного тупикового фронта уступа одной мехлопаты с ковшом емкостью 4–8 м³ или однопортального цепного экскаватора обменный пункт (разъезд) сооружается обычно на стационарном участке пути. При двух таких экскаваторах и увеличении длины одинарного фронта до 2 км и более иногда устраивают дополнительный обменный пункт на рабочем уступе. Работа нескольких экскаваторов на уступе с использованием тупиковых схем развития железнодорожных путей нежелательна, так как она связана с частыми срывами графика движения поездов и уменьшением производительности экскаваторов. При работе нескольких экскаваторов на уступе экономично применять схемы путевого развития с независимым обменом составов, для чего два пути располагают по всей длине уступа. Использование такой схемы путевого развития уступов необходимо при двухпортальных цепных экскаваторах и мехлопатах с ковшами емкостью 10–20 м³.

Сквозной фронт работ с поточным движением поездов и увеличением коэффициента обеспечения забоев порожняком до 0,9–0,95 при веерной системе разработки возможен при наличии путепровода и разносе торцового борта карьера для размещения путей, соединяющих в кольцо забойные и отвальные коммуникации. При продольной системе разработки и внешнем отвалообразовании для создания сквозного одинарного фронта на вскрышных уступах вскрытие их производят парными групповыми фланговыми траншеями, а при внутреннем отвалообра-

зовании вскрытие всех горизонтов карьерного поля осуществляется общими парными траншеями с устройством путепровода над ними. На карьерных полях большой протяженности создание сквозного фронта при внутреннем отвалообразовании связано с оставлением породной перемычки и целика полезного ископаемого между участками по длине карьера, а при внешнем отвалообразовании – с созданием системы временных групповых съездов на рабочем борту карьера или групповой траншеи в пределах контура карьерного поля, примыкающей к рабочему борту посередине фронта работ. Целесообразность создания сквозного фронта определяется технико-экономическими расчетами.

Для четкой организации перевозок вскрышных пород во внутренние отвалы при независимых уступных грузопотоках необходимо соблюдение следующих расчетных условий.

При применении однопортальных цепных экскаваторов или мехлопат среднего типоразмера, разъезде на стационарном участке пути и двух локомотивосоставах в работе

$$t_n + t_z = t_p + t_x \text{ или } n \cdot V_d / Q_m + t_z = n \cdot \tau_p + t_x$$

$$\eta_0 = n \cdot V_d / (n \cdot V_d + t_z \cdot Q_m),$$

где t_n и t_p – соответственно время погрузки и разгрузки, ч; t_r и t_x – соответственно время движения груженого и порожнего состава, ч; Q_1 – техническая производительность вскрышного экскаватора, $\text{м}^3/\text{ч}$; n – число думпкаров в составе; V_d – вместимость думпкара, м^3 ; τ_p – время разгрузки одного думпкара, ч; η_0 – коэффициент обеспечения забоя порожняком.

При мощных мехлопатах или двухпортальных цепных экскаваторах и двух локомотивосоставах в работе, когда за время погрузки одного состава второй совершает путь до отвала и обратно,

$$nV_d/Q_m = f(t_z + \tau_p n).$$

То же, при трех локомотив о составах

$$nV_d/Q_m = f(t_r + \tau_p n)/2,$$

где f — коэффициент неравномерности работы.

Мощность вскрышных пород при разработке с транспортным перемещением во внутренние отвалы ограничивается их емкостью. При этом возможен значительный коэффициент вскрыши (до 7–10 м³/т). Число уступов, а также ширина рабочих площадок по технологическим условиям не ограничиваются. Скорость подвигания фронта работ при этом составляет 150–200 м/год.

При установлении высотных отметок рабочих горизонтов на вскрышных уступах и отвалах должен учитываться надлежащий профиль путей на всех этапах развития горных работ. Для этого на отвалах кроме основной нижней применяют и верхнюю отсыпку с общей высотой отвальных уступов не более 50–60 м и регулируют высоту вскрышных подступов, разрабатываемых нижним и верхним черпанием. При этом необходимо обеспечить возможно большую высоту вскрышных и отвальных подступов для нижнего черпания и нижней отсыпки.

Для решения данной задачи используют следующие основные зависимости.

При формировании двухступенных отвалов только с нижней отсыпкой:

$$\left. \begin{aligned} h + H_{y2} &= H_{o,y1} + H_{o,y2}; \\ H_{y1} &= \frac{1}{K_{p.o}} H_{o,y1}; H_{y2} = \frac{1}{K_{p.o}} H_{o,y2}, \end{aligned} \right\}$$

где $K_{p.o}$ — коэффициент остаточного разрыхления пород в отвале.

При размещении породы в одноступенный отвал с нижней отсыпкой:

$$h + H_{y2} = H_o; (H_{y1} + H_{y2})K_{p.o} = H_o.$$

При использовании верхней и нижней отсыпки необходимо породу верхнего вскрышного уступа направлять в верхний отвальный подуступ, а породу нижнего — в нижний отвальный подуступ. В этом случае должны соблюдаться следующие условия:

$$\left. \begin{aligned} H_{y2} &= h + H_{y2}; H_{oy1} = K_{po} + H_{y1}; \\ H_{y2} &= \frac{h}{K_{po} - 1}; H_{oy2} = K_{po} H_{y2}. \end{aligned} \right\}$$

Но по данным соотношениям точно установить нужный профиль пути удается редко. Практически высоту вскрышных и отвальных уступов выбирают в соответствии с параметрами оборудования и устойчивостью откосов. Грузопоток разделяется на отвале или торцовом борту карьера.

Высота уступов внутренних отвалов при разработке пологих месторождений, если позволяют условия устойчивости, принимается кратной высоте вскрышных уступов.

Высота добычного уступа во многих случаях определяет мощностью залежи, которая находится в пределах 1,5–15 м. При предварительной подготовке угля к выемке высота пластов может достигать 30 м, значительно превышая величину 1,5H_ц. Только при мощных сплошных залежах отработку их осуществляют двумя (весьма редко тремя) уступами. Отдельными уступами обычно отрабатываются пласты и междупластья при разработке их свиты, что характерно для многих пологих месторождений. Выделяются отдельные уступы и подуступы при разработке горизонтальных пластообразных залежей с породными прослоями.

Ширина рабочих площадок цепных экскаваторов определяется суммой элементов, показанных на рис. 97. Для верхнего строения забойных путей T_ж = 5 м при одном пути и T_ж = 9 и при двух путях. Ширина автодороги T_а = 4 м. Расстояние от оси движения экскаватора до оси железнодорожного пути, м

$$X = L_{p.з} \cos \varphi_{p.з}$$

где $L_{p.з}$ — длина разгрузочной консоли экскаватора, м; $\varphi_{p.з}$ — угол поворота разгрузочной консоли, градус.

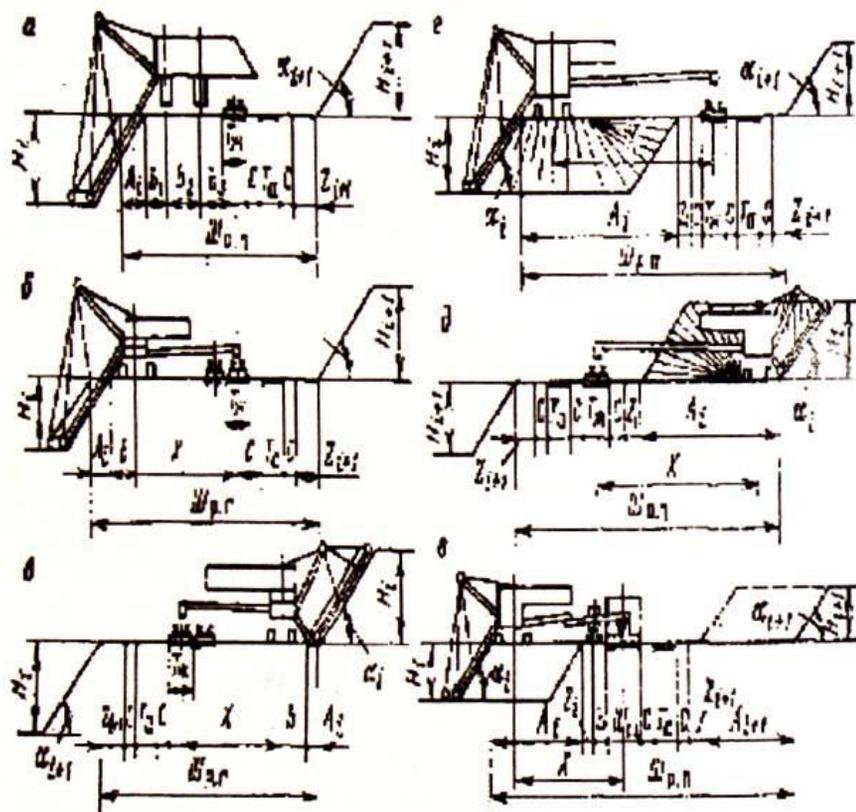


Рис. 97. Схемы к определению ширины рабочих площадок при работе цепных экскаваторов: а, б и в — при выемке фронтальным забоем соответственно нижним черпанием неповоротным экскаватором на рельсовом ходу, нижним и верхним черпанием полноповоротным экскаватором на гусеничном ходу при железнодорожном транспорте; г и д — при выемке торцовым забоем соответственно нижним и верхним черпанием при железнодорожном транспорте; е — то же, при конвейерном транспорте.

Ширина рабочих площадок уступов технологических комплексов с мощными одноковшовыми экскаваторами ($E=12\div 20 \text{ м}^3$) при наличии резервной заходки достигает 60–75 м.

Оптимальная протяженность фронта технологических комплексов с железнодорожным транспортом определяется минимальными приведенными затратами по совокупности производственных процессов.

Звеном, лимитирующим производительность комплекса, чаще всего является железнодорожный транспорт.

Контрольные вопросы:

1. Как необходимо прокладывать соединительные железнодорожные пути между забоями и внутренними отвалами при всерной системе разработки?
2. Как разделены грузопотоки вскрышных пород и полезного ископаемого?
3. Какие условия необходимо соблюдать для четкой организации перевозок вскрышных пород во внутренние отвалы при независимых уступных грузопотоках?
4. Какие зависимости используются для обеспечения большей высоты вскрышных и отвальных подступов?
5. Какой должна быть высота уступа внутренних отвалов при разработке пологих месторождений?

4.19. Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом при сплошных системах разработки

Технологические комплексы с перемещением горной массы автотранспортом широко применяются при разработке песчано-гравийных и карбонатных месторождений, а также при разработке горизонтальных и пологих рудных залежей и угольных пластов ограниченных размеров и неправильной конфигурации или при относительно выдержанных параметрах залегания, но неравномерном качестве руд. При больших расстояниях

перевозок до потребителя характерно использование автомобильно-железнодорожного транспорта с устройством перегрузочных пунктов на поверхности или в торце карьера перед капитальной траншеей.

Система разработки поперечная, продольная, поперечно-продольная или радиальная с неправильной конфигурацией фронта и неравномерным подвиганием отдельных его участков. Отвалообразование внутреннее, внешнее или комбинированное. При разработке относительно мощных горизонтальных залежей отсыпка внутренних отвалов начинается после формирования нескольких добычных уступов и достижения почвы залежи.

При поочередной разработке рассредоточенных небольших залежей, являющихся участками одного карьерного поля или близлежащими карьерами, целесообразно для уменьшения размеров земельного отвода и сокращения расстояния перевозок вскрышные породы размещать в пределах отработанных участков или карьеров.

При автотранспорте возможна однобортная продольная система разработки вскрышных пород на пологих месторождениях с проведением разрезных траншей по контакту с висячим боком залежи, а для добычи полезного ископаемого применяется поперечная система разработки.

Схемы вскрытия в рассматриваемых технологических комплексах характеризуются большим разнообразием. Как правило, один-два верхних горизонта вскрываются внешней траншеей на фланге со стороны нерабочего борта карьера. При относительно большом числе уступов (четыре-пять и более) и ограниченных размерах карьера в плане при разработке горизонтальных залежей трасса постоянных или полустационарных внутренних съездов обычно петлевая и располагается на одном-двух нерабочих бортах карьера, изменяясь до окончания углубления горных работ. При разработке вытянутых пологих залежей вскрышные горизонты вскрываются одной-двумя системами временных съездов по рабочему борту карьера с транспортированием пород в рассредоточенные внешние отвалы;

форма трасс таких съездов простая или петлевая в зависимости от числа трасс, длины фронта работ и числа горизонтов. Рабочие горизонты при разработке пологих залежей могут вскрываться и системой внутренних съездов по нерабочему борту карьера при отсутствии внутренних отвалов. С устройством съездов вскрывают как добычные, так и нижние вскрышные горизонты; число и положение их в плане и форма трассы зависят от угла падения залежи.

Ширина заходок и рабочих площадок, высота уступов, скорость подвигания фронта работ, производительность комплексов рассчитываются так же, как при углубочных системах разработки.

Технологический комплекс послойной отработки применяется и при разработке вытянутых крутых залежей большой протяженности. В пределах слоя применяется сплошная поперечная система разработки с опережающими разрезными траншеями на добычных горизонтах. Слой разделяют на несколько уступов. Вскрышные породы перемещают автотранспортом на внешние отвалы. Вскрытие рабочих уступов осуществляется системой полустационарных внутренних съездов.

Минимальная ширина (м) вскрышной панели на нижнем вскрышном горизонте слоя

$$Ш_n = H_y(\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha) + b_n$$

где H_y – высота уступа, м; β – угол падения пласта, градус; α – угол откоса уступа, градус; b_n – ширина предохранительной бермы, м.

На вышележащих горизонтах в пределах добычной зоны ширина вскрышных панелей увеличивается (с каждым горизонтом на величину $Ш_n$). В пределах вскрышных зон ширина панелей остается неизменной. Применение такого технологического комплекса в благоприятных условиях позволяет уменьшить объем горно-капитальных работ и текущий коэффициент вскрыши в начале эксплуатации месторождения.

При поперечной однобортовой системе разработки вытянутых крутых залежей применяют и технологический комплекс с внутренним отвалообразованием, характерный для сплошных систем разработки. Основная часть вскрышных пород (после отработки части карьерного поля – карьера первой очереди с внешним отвалообразованием) может перемещаться на внутренние отвалы автотранспортом или иногда конвейерами. Карьер первой очереди углубляется до конечной проектной отметки.

По мере формирования внутренних отвалов и подвигания вскрышного фронта по простиранию соответственно подвигается фронт отвальных работ. Уступы отрабатывают одновременно на всех горизонтах карьера. Вскрышные породы перевозят автосамосвалами на погоризонтные отвалы по транспортным бермам. Расстояние транспортирования при этом сокращается, движение автотранспорта происходит без подъема, грузопотоки рассредоточены и производительность автосамосвалов существенно увеличивается по сравнению с перевозками на внешние отвалы. Полезное ископаемое транспортируется на поверхность по внутренним полустационарным съездам на борту карьера со стороны висячего бока залежи. По мере подвигания фронта работ съезды поочередно засыпаются породой внутреннего отвала соответствующего горизонта. К моменту ликвидации съезда на этом же горизонте должен быть подготовлен новый съезд (полутраншея). Фронт работ может быть сквозным или тупиковым.

При подвигании фронта работ по простиранию залежи добыча полезного ископаемого и вскрышные работы на уступах попеременно чередуются и производятся одними и теми же экскаваторами. Вскрытые запасы полезного ископаемого обеспечиваются равномерным опережением вскрышными работами добычных на всех горизонтах. Требуемое опережение (m) по вскрыше на каждом уступе

$$B = Q_m / [(H_k - H_{i0}) m \gamma_u \eta_{i0}]$$

где Q_n — нормативные запасы, т; H_k — глубина карьера, м; H_n — мощность наносов, м; m — горизонтальная мощность вскрываемого пласта, м; γ_n — плотность полезного ископаемого, т/м³; η_n — коэффициент извлечения полезного ископаемого.

Необходимый объем готовых к выемке запасов на каждом уступе создается при опережении вскрышными работами добычных на одну-две заходки шириной 15–30 м. При одновременном ведении работ на всех горизонтах месторождения разрабатывают с более равномерным распределением во времени объемов вскрышных работ.

Полное размещение породы во внутренних отвалах возможно при условии

$$K_{cp} = 1 / [(K_{p.o} - 1) \gamma_n],$$

где K_{cp} — средний коэффициент вскрыши, м³/т; $K_{p.o}$ — остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале (для полускальных пород при высоких отвалах $K_{p.o} = 1,08 \div 1,15$); γ_n — плотность породы, т/м³.

Для предотвращения оползней внутренних отвалов наносы, представленные увлажненными глинами, необходимо транспортировать на внешние отвалы или складировать на верхнем ярусе внутренних отвалов. Общий угол откоса внутренних отвалов (при высоте отвального яруса 15 м) обычно не превышает 17–18°.

Применение данного технологического комплекса целесообразно при разработке наклонных и крутых залежей на полную глубину (синклиналильные складки и мульдообразные залежи с относительно небольшой глубиной залегания замковых частей, отдельные участки пластов, срезанные по глубине дизъюнктивными нарушениями), а также при отработке верхних горизонтов месторождений, разрабатываемых подземным способом, и на карьерах, подлежащих реконструкции, где использование внешних отвалов по тем или иным причинам неэкономично или невозможно.

Контрольные вопросы:

1. При разработке каких пород применяются технологические комплексы с перемещением горной массы автотранспортом?
2. При разработке каких залежей применяется технологический комплекс послышной отработки?
3. Как определяется минимальная ширина вскрышной панели на нижнем вскрышном горизонте?
4. Какой технологический комплекс применяется при поперечной однобортовой системе разработки вытянутых крутых залежей?
5. Как определяется требуемое опережение по вскрыше на каждом уступе?

4.20. Связь режима горных работ и экономических показателей карьера

Важнейшими из этих показателей являются: себестоимость, прибыль, рентабельность, производительность труда, фондоотдача и фондоемкость.

Показателями экономической оценки перспективных (пятилетних и этапных) планов горных работ являются также требуемые капитальные затраты (абсолютные и удельные) и время их вложения.

Себестоимость товарной продукции определяется текущими затратами (эксплуатационными расходами в стоимостном выражении) на ее производство. Товарной продукцией горнодобывающих предприятий, имеющих в своем составе только горные цеха, является добытое и отсортированное полезное ископаемое (уголь, руда, строительные горные породы), доставленное к месту хранения и принятое в соответствии со стандартами и техническими условиями. Для карьеров, входящих в состав горно-обогатительных (горно-металлургических) комбинатов, отгруженная на переработку руда включается в товарную продукцию.

Товарная продукция оценивается в оптовых и расчетных ценах. Цены устанавливаются в зависимости от качества полезного

ископаемого (содержание полезных и вредных компонентов, марки угля и др.). Стоимость товарной продукции (в оптовых или расчетных ценах) образует сумму ее реализации и зависит от объема и качества реализованной продукции. Расчетные цены устанавливаются для каждого карьера и отражают конкретные условия эксплуатации. Оптовые (отпускные) цены являются средненными для бассейна, отрасли и т. д.

Прибыль, являющаяся синтетическим показателем результатов деятельности предприятия, определяется разностью стоимости продукции (по оптовым или расчетным ценам) и полной суммы эксплуатационных расходов.

Рентабельность (или уровень рентабельности) определяется отношением прибыли к суммарной стоимости основных фондов и нормируемых оборотных средств.

Фондоотдача и фондоемкость характеризуют степени использования основных фондов предприятия. Фондоотдача определяется отношением количества продукции (в натуральном или стоимостном выражении) к общей стоимости основных производственных фондов, а фондоемкость (величина, обратная фондоотдаче) показывает стоимость основных фондов, приходящуюся на единицу продукции.

Объектами капитальных затрат являются горно-капитальные работы (сооружение капитальных траншей, наклонных стволов, дренажных выработок, реже разнос погашенных бортов), приобретение оборудования, строительного-монтажные работы.

При расчете трудовых затрат исходят из необходимости ускорения темпов роста производительности труда как важнейшего показателя эффективности производства, обеспечения правильных соотношений между ростом производительности труда и заработной платы. Здесь учитывается совершенствование технологии, механизации и организации горных работ, внедрение передовых методов труда.

Все экономические показатели тесно связаны и зависят от горно-геологических условий, главных параметров карьера (размеров, запасов, производственной мощности), периода его отра-

ботки, выбранного режима горных работ, технологии, механизации и организации работ. Эти вопросы и рассматриваются в данном разделе.

Полная себестоимость добычи полезного ископаемого складывается из затрат на собственно добычные и вскрышные работы, которые дополняются общекарьерными и общекombинатскими расходами.

При изменении горно-геологических условий, технологии разработки и применяемых комплексов оборудования для этапного перспективного планирования возможно приближенное определение себестоимости путем сбора и статистической обработки данных практики в аналогичных условиях. Стоимостные показатели изменяются со временем, и их следует усреднять за ряд лет для учета случайных изменений и тенденций. При относительно неизменных горно-геологических и горно-технических условиях при годовом и пятилетнем планировании себестоимость определяется на основе фактически достигнутых показателей с учетом плановой величины снижения в предстоящий период.

Основным способом определения себестоимости при планировании в конкретных условиях является составление калькуляций.

Калькулирование цеховой себестоимости осуществляется по статьям расходов: вспомогательные материалы и энергия на технологические цели; основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих; отчисления на социальное страхование; амортизация; внутрикарьерное перемещение грузов; расходы на подготовку и освоение производства (в том числе отчисления в фонд освоения новой техники и погашение затрат на горно-подготовительные работы); расходы на содержание и эксплуатацию оборудования; цеховые расходы.

В соответствии со структурой предприятия расходы суммируют и группируют по цехам: «вскрышной участок», «добычной участок», «транспорт породы», «транспорт руды», «буровой цех», «общекарьерные цехи» и т. п. Затем их разделяют на две

категории – «расходы на вскрышные работы» и «расходы на добычные работы» и по известным объемам вскрышных и добычных работ устанавливают два основных эксплуатационных показателя: затраты на 1 м^3 (т) вскрышных работ C_v и затраты на собственно добычу 1 т (м^3) полезного ископаемого C_d .

При расчете производственной себестоимости учитываются также расходы на незавершенное производство, общекарьерные и прочие производственные расходы (в том числе отчисления в бюджет на покрытие затрат по геолого-разведочным работам).

Общекарьерные расходы на текущие ремонты и содержание основных средств, содержание администрации и служб карьера, доставку и подготовку ВВ и ВМ, амортизацию горно-капитальных работ, слаботочное хозяйство, охрану труда, на содержание лаборатории и т. п. обычно относят только на добычные работы, т. е. без выделения их доли в эксплуатационные расходы на вскрышные работы.

Часть общекомбинатских эксплуатационных расходов, приходящаяся на долю карьера, при калькулировании себестоимости раскладывается на добычные и вскрышные работы. Так же поступают с расходами на общий и хозяйственный карьерный транспорт, центральные и передвижные ремонтные мастерские, энергию, воду, пневматическое хозяйство и т.п. Эксплуатационные расходы подсчитывают по действующим ставкам заработной платы, оптовым ценам на материалы, тарифам на электроэнергию и транспорт (для данного района) и дифференцированным нормам амортизации и платы за оборотные фонды.

Себестоимость товарной продукции определяется как сумма производственной себестоимости и внепроизводственных затрат (расходы по сбыту, отчисления на научно-исследовательские работы и др.).

При определении полной себестоимости (сум/т) добычи полезного ископаемого (для периода x) учитывают установленный для каждого периода плановый коэффициент вскрыши K_n (коэффициент погашения вскрыши):

$$C_{ix} = C_{\alpha x} + K_n C_{\alpha x}.$$

Так как плановый коэффициент вскрыши меняется по периодам (этапам) разработки и для каждого этапа характерны свои показатели C_{dx} и C_{vx} , полная себестоимость полезного ископаемого определяется по всем или характерным годам планируемых периодов разработки. При этом с увеличением периода планирования возможно использование упрощенной методики определения затрат на вскрышные и добычные работы и полной себестоимости полезного ископаемого.

Рентабельность открытой разработки определяется соотношением плановой и допустимой себестоимости полезного ископаемого. В качестве допустимой себестоимости часто принимается себестоимость добычи данного полезного ископаемого подземным способом, действующая отпускная цена за него или допустимая его себестоимость в данном экономическом районе. Возможны следующие принципиальные случаи:

1. На месторождении добывается один вид полезного ископаемого определенного качества, на которое установлена государственная отпускная цена C_n (разработки каменных и бурых углей, солей, природных строительных материалов и др.). Рентабельность таких предприятий обеспечивается при условии $C_n \leq C_n$.

Вместо отпускной цены C_n могут фигурировать другие показатели предельной стоимости продукции. Например, себестоимость угля, добываемого на разрезе, не должна превышать стоимости привозного топлива или стоимость электроэнергии, получаемой при сжигании угля, должна быть ниже или равна стоимости электроэнергии, получаемой за счет сжигания природного газа или нефти, либо энергии, получаемой из другого района.

2. На месторождении по горным условиям добывается совместно несколько видов или сортов полезных ископаемых, каждый из которых имеет отпускную цену или предельно допустимую стоимость по другим условиям.

При объемах фактической добычи каждого вида или сорта полезного ископаемого $q_1, q_2, \dots, \text{м}^3$ (т) и соответствующих отпускных ценах или допустимой стоимости этих сортов $C_1, C_2, \dots, \text{сум}/\text{м}^3$ (т) средняя допустимая себестоимость добываемого полезного ископаемого в данном карьере составляет, $\text{сум}/\text{м}^3$ (т)

$$C_u = (q_1 C_1 + q_2 C_2 + \dots) / (q_1 + q_2 + \dots).$$

Если на карьере наряду с добычей основного полезного ископаемого q_u в составе разрабатываемых вскрышных пород имеется попутное полезное ископаемое q_n , которое может быть реализовано по цене C_n , то такая реализация повышает экономическую эффективность открытых горных работ и допустимая себестоимость основного полезного ископаемого условно (для расчета) повышается:

$$C_u \leq (q_u C_u + q_n C_n) / q_u.$$

К таким попутным полезным ископаемым относится щебень из скальных вскрышных пород, мел, глины, песок и т.п.

3. На месторождении добывается полезное ископаемое, не соответствующее действующим стандартам на сырье, и для получения кондиционной продукции q_k (на которую есть отпускная цена C_k) требуется специальная выборка из добытого полезного ископаемого и складирование некондиционного полезного ископаемого (в количестве q_n) в постоянных или временных отвалах. В этом случае

$$C_u \leq q_k C_k / (q_k + q_n).$$

При таком расчете затраты на добычу некондиционного полезного ископаемого к затратам на вскрышные работы не относятся.

4. На месторождении добывается полезное ископаемое, не соответствующее государственным стандартам по качеству,

поэтому для его реализации обязательна первичная переработка сырья на карьере (для доведения до кондиций) с дополнительными затратами на переработку Z_n сум/м³ (т).

При этом

$$C_u \leq C_n - Z_n$$

5. На месторождении добывается сырье (руды черных и цветных металлов, химическое сырье и т. п.), реализуемое перерабатывающими предприятиями на месте. При этом карьер входит на правах цеха в комбинат. Отпускные цены на сырье обычно не устанавливаются, а об эффективности горного производства судят по показателям конечного продукта (металл, концентрат и т. п.).

На разных карьерах и подземных рудниках качество руды обычно различно, и часто полученный из руд концентрат (даже металл) также отличается по качеству и ценности. В таких случаях для сопоставления экономические показатели относят к единице (тонне) готовой продукции с учетом ее ценности, а для решения собственно горных задач допустимая себестоимость полезного ископаемого по карьере устанавливается исходя из допустимой себестоимости конечного продукта, за вычетом затрат на дробление, обогащение, металлургический или химический передел и на содержание общекомбинатского хозяйства. Расчеты производят для карьера, процессов обогащения и передела до того момента, когда промежуточный продукт может включаться в общекомбинатский процесс и общую экономику.

Эксплуатация того или иного карьера определяется прежде всего экономическими факторами. Основная цель — эксплуатировать именно те объекты и с такой производительностью, которая удовлетворяет потребность народного хозяйства в данном виде полезного ископаемого при минимальных затратах средств и общественного труда. Ведущим критерием обычно служит допустимая себестоимость полезного ископаемого в конкретном экономическом районе страны.

При сопоставлении экономических показателей отдельных карьеров непременно учитывается, что добываемое полезное ископаемое, как правило, имеет различное качество и ценность. Поэтому главные экономические показатели карьера должны рассчитываться не только по «сырой» продукции, но и по результату ее переработки на той стадии, когда по качеству и ценности продукцию данного карьера можно сопоставить с продукцией других предприятий.

Горные предприятия, как правило, рентабельны, т. е. обеспечивают превышение доходов за реализованную продукцию над расходами, связанными с добычей и переработкой сырья. Однако в некоторых случаях, при необходимости добычи дефицитных материалов в неблагоприятных природных условиях, затраты на разработку в отдельные периоды существования предприятия превышают доходы от реализации продукции. При продолжительности таких периодов до 4 лет государство субсидирует предприятия по счету «Затраты будущих периодов» с последующим возвратом средств. При большей длительности этих периодов предприятию от государства устанавливается дотация для ликвидации разницы между расходами и доходами.

Эксплуатационные затраты на открытую разработку складываются из затрат на добычные и вскрышные работы. При известной производственной мощности карьера по полезному ископаемому в конкретных условиях (трудность разработки пород, определенная технология и оборудование и т. д.) затраты на вскрышные работы в определяющей степени зависят от их объемов, т. е. текущего коэффициента вскрыши. Поэтому и общие эксплуатационные и капитальные затраты на разработку, прибыль, рентабельность, производительность труда по конечной продукции и фондоемкость производства также будут изменяться при изменении текущего коэффициента вскрыши.

В зависимости от распределения объемов вскрышных работ по годам карьер может быть высокорентабельным в начальный период или в конце своей деятельности и нерентабельным в другие периоды. Обычно, пользуясь близким расположением выхо-

дов залежи к поверхности земли, в первые годы работы на карьерах добывают полезное ископаемое при низкой себестоимости и высокой производительности труда. По мере развития горных работ и роста текущих коэффициентов вскрыши затраты на разработку увеличиваются и, если не принимать специальных мер по регулированию режима горных работ, рентабельность предприятия уменьшается и нередко требуется финансирование вскрышных работ в счет затрат будущих лет.

Таким образом, на отдельных этапах разработки затраты на единицу продукции карьера будут ниже или выше средних показателей при среднеэксплуатационном коэффициенте вскрыши и неизменных удельных затратах на добычные и вскрышные работы [сум/(м³) т]. Такой характер изменений себестоимости полезного ископаемого является спецификой именно на открытых горных работах, и поэтому вопрос о рентабельности открытой разработки месторождений может рассматриваться только за длительный период, в принципе за весь срок существования карьера. Если не установлен режим горных работ, то возможны ошибочные выводы об экономической неэффективности открытой разработки в целом. Поэтому обоснование режима горных работ карьера по периодам его существования является задачей первостепенной экономической важности.

Экономически эффективный режим горных работ должен соответствовать основным требованиям планомерного развития данной отрасли промышленности. Календарное распределение объемов горных и, в частности, вскрышных работ должно быть подчинено режиму экономии государственных средств и рациональному использованию техники и общественного труда. Критерием для суждения о степени неравномерности объемов вскрышных работ служит показатель среднеэксплуатационного коэффициента вскрыши.

При установленном уровне добычи (2 млн. м³/год) предприятие за срок своего существования может работать как со средними объемами вскрышных работ (рис. 98) (линия 1), так и с

неравномерными объемами работ по годам (ломаная линия 2). В первом случае, с третьего года по двенадцатый, выполняется обязательный для обоих вариантов объем в 8 млн. м³ и, кроме того, дополнительный объем по 2 млн. м³ вскрыши в год. Для этого при первом варианте необходимо установить с третьего года дополнительный комплекс из двух-трех экскаваторов до конца существования карьера. В результате этого мероприятия в период с двенадцатого по двадцатый год объемы вскрышных работ могут быть уменьшены по сравнению со вторым вариантом с 12 до 10 млн. м³/год.

При втором варианте объемы вскрышных работ в первый период эксплуатации меньше на 2 млн. м³/год, но зато с двенадцатого года потребуется ввести дополнительно комплекс в составе четырех-шести экскаваторов и другого оборудования.

Экономически эффективный вариант должен быть выбран с учетом как капитальных затрат из оборудования, так и переходящих на вскрышные работы, производимые этим оборудованием, с учетом фактора времени и оценкой эффективности капитальных затрат. В данном примере дополнительные капитальные затраты на оборудование при первом варианте по сравнению со вторым уменьшают текущие затраты только через 10–12 лет, а в первый период вызывают их увеличение.

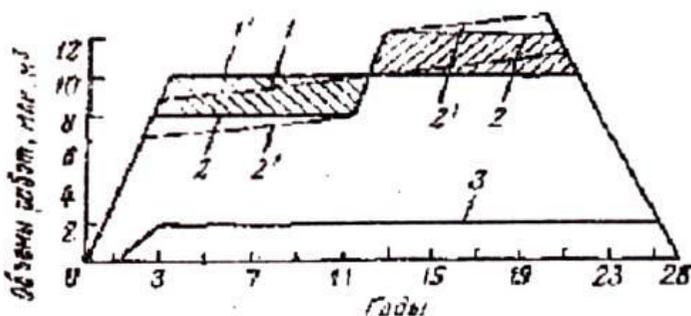


Рис. 98. Календарные графики горных работ:
 1, 1' и 2, 2' — соответственно равномерное и неравномерное распределение объемов вскрышных работ;
 3 — объемы добычных работ

При улучшении методов труда и организации его первоначально установленное число оборудования с течением времени может выполнить больший объем работ, чем это планируется на первый год работы. С учетом этого графики режима горных работ будут соответствовать наклонным прямым соответственно 1' и 2' (см. рис. 98).

Если режим вскрышных работ неравномерен, то его можно (если не полностью, то частично) выровнять за счет планомерного и значительного увеличения объема вскрышных работ (против необходимого объема) в первые годы или за счет отнесения части вскрыши к последующим годам работы при консервации работ на уступах. Для опережения вскрышных работ необходимо ввести в эксплуатацию дополнительное оборудование, увеличить штаты рабочих и произвести связанные с этим капитальные затраты.

Выравнивание режима вскрышных работ на карьерах с относительно коротким сроком его существования способствует устойчивой экономической деятельности предприятия, равномерному и лучшему использованию оборудования. В результате этого отпадает необходимость в отдельные периоды работ резко увеличивать число оборудования и штат трудящихся, которые в последующее время используются не полностью.

Тот или иной режим горных работ выбирается на основе экономических расчетов с учетом возможных разновременности капитальных вложений, изменений во времени текущих затрат, объемов и качества товарной продукции, а также конкретных технических возможностей данного предприятия и отрасли промышленности.

Однако при длительном сроке существования карьера (20 и более лет) равномерный режим вскрышных работ экономически менее благоприятен, чем неравномерный, по следующим причинам:

1. Неравномерный режим вскрышных работ больше соответствует условиям расширенного социалистического

воспроизводства, так как при этом возможно использовать материальные ценности и живой труд более оперативно.

2. При ежегодном повышении производительности труда и оборудования при выполнении дополнительного объема вскрышных работ не в начальный период, а в последующие годы можно сэкономить материальные ценности и живой труд для более эффективного их использования на других объектах.

3. При повышении объемов в первый период затрудняется процесс развития предприятия, удлиняются сроки освоения проектной мощности и происходит фактическое удорожание работ, особенно в новых, малоосвоенных районах.

Таким образом, при небольшом сроке существования карьера, соответствующем сроку амортизации основного оборудования и сооружений (8–12) лет, необходимо соблюдать равномерный режим горных работ. При длительном же сроке существования карьера, когда основное оборудование и части сооружений амортизируются в два и более цикла, следует принимать неравномерный режим в виде ступенчатого графика. Продолжительность одной ступени в зависимости от срока существования карьера, когда основное оборудование и часть сооружений оборудования или быть несколько меньше его, с тем чтобы работа предприятия была устойчивой. Длительность «пикового» объема работ не может быть меньше амортизационного срока. Достигается такое уравнивание тем, что ступень в объемах работ принимается равной или кратной годовой производительности принятого комплекса оборудования.

Контрольные вопросы:

1. Как оценивается товарная продукция в оптовых и расчетных ценах?
2. Исходя из каких критериев выбирается экономически эффективный вариант?
3. Что называется режимом горных работ.

4.21. Качество продукции горных предприятий

Уровень качественных характеристик минерального сырья оказывает большое влияние на экономические показатели потребляющих и перерабатывающих предприятий. Во всех случаях ухудшение качественных характеристик исходного сырья отрицательно сказывается на работе потребляющих и перерабатывающих предприятий – обогатительных фабрик, металлургических заводов и т. д. Например, качество щебня влияет на прочностные свойства бетона. Поврежденные в процессе горных работ мраморные блоки не могут быть использованы для производства продукции высшего сорта. Аналогичное положение имеет место при добыче поделочного и технического камня: агата, алмаза, хрусталя, яшмы и др. При низком качестве руд снижаются извлечение металла и выход концентрата, повышаются потери основных компонентов в хвостах, увеличиваются затраты на переработку руды. В целом степень влияния свойств минерального сырья на качество продукции снижается по мере возрастания уровня (стадий) производства; например, качество медной руды в значительной степени влияет на сортность медного концентрата, но в гораздо меньшей степени оказывает влияние на качественные характеристики черновой меди и в еще меньшей степени – на качество рафинированного металла.

Резкий рост потребности в сырье обусловил во многих горнодобывающих отраслях вовлечение в разработку запасов полезных ископаемых с более низкими качественными характеристиками. Снижение качества добытых ископаемых, в свою очередь, приводит к увеличению объемов их добычи. Вместе с тем достижение высокого качества минерального сырья не является самоцелью. В конкретных условиях стремление обеспечить только высокое качество продукции неизбежно приводит к большим потерям полезных ископаемых в недрах, ограничению сроков существования горных предприятий, их производственной

мощности, увеличению удельных капитальных вложений и сокращению общего объема промышленной продукции. Поэтому при оценке месторождений и технологии горных работ необходимо учитывать, что достичь одинакового качества многих видов продукции (концентрата, металла, цемента, минеральных удобрений и т. д.) можно при переработке минерального сырья с большим диапазоном качественных характеристик. При этом происходит перераспределение затрат на добычу и переработку сырья, обычно при снижении первых возрастают вторые. Критерием оценки является минимум затрат общественного труда на производство и эксплуатацию конечной продукции. Оптимальный для народного хозяйства уровень качества добываемого полезного ископаемого устанавливается с учетом показателей всей цепи горных и перерабатывающих производств.

При оценке горных работ природное качество полезного ископаемого в границах определенного участка (в данном объеме не повышается. Но, изменяя объемы добычи полезного ископаемого на разных участках месторождения в различные периоды разработки, можно управлять процессом формирования качества полезного ископаемого, поставляемого потребителю.

Качество горных работ обычно оценивается относительным отклонением качества добытого полезного ископаемого от его естественного состояния и достигнутыми при этом технико-экономическими показателями, основными из которых являются: качественные и количественные потери полезного ископаемого при добыче, степень стабилизации качества минерального сырья в грузопотоке, производительность комплексов оборудования, затраты на горные работы, извлекаемая ценность и прибыль предприятия.

В общем случае теоретическая ценность I т определенного вида минерального сырья Z_T (сум/т) выражается количественным и качественным составом и совокупной потребительской стоимостью всех n полезных компонентов минерального сырья при теоретически полном их извлечении:

$$Z_r = \sum_{i=1}^n q_i C_i,$$

где q_i – количественное выражение в ископаемом сырье i -го полезного компонента, доли единицы; C_i – потребительская стоимость 1 т i -го конечного продукта, сум.

На современном уровне развития техники и технологии перерабатывающих предприятий представляется возможным извлекать из минерального сырья только t полезных компонентов. Совокупность ценностей всех возможных промышленно извлекаемых компонентов представляет собой валовую (промышленную) ценность 1 т полезного ископаемого, сум/т:

$$Z_n = \sum_{i=1}^m \frac{\alpha_i}{\beta_i} C_i,$$

где α_i и β_i – содержание i -го извлекаемого компонента (или используемого свойства) соответственно в полезном ископаемом и конечной продукции, доли единицы; C_i – оптовая цена 1 т продукции, получаемой из i -го компонента, сум.

Данная категория ценности минерального сырья имеет большое значение для народного хозяйства; ее учет предопределяет комплексное использование минеральных богатств.

Практически далеко не всегда извлекается и используется максимально возможное число полезных компонентов минерального сырья, которые экономически выгодно и технологически возможно получать. Кроме того, при добыче и переработке имеют место количественные и качественные потери. С учетом этих обстоятельств стоимость 1 т минерального сырья выражается в виде извлекаемой ценности, сум/т

$$Z_n = \sum_{i=1}^l \frac{\alpha_i}{\beta_i} e_{ci} C_i,$$

где l — число фактически извлекаемых компонентов; ε_{ci} — сквозной коэффициент извлечения i -го полезного компонента при добыче и переработке полезного ископаемого,

$$\varepsilon_{ci} = K_{ui} \varepsilon_{ni},$$

где K_{ui} — коэффициент извлечения i -го компонента из недр; ε_{ni} — достигнутое на перерабатывающем предприятии извлечение i -го полезного компонента.

Извлекаемую ценность обычно определяют для балансовых запасов полезного ископаемого.

Ценность полезного ископаемого может также выражаться в виде эффективной ценности, сум/т:

$$Z_s = \sum_{i=1}^l \frac{\alpha_i}{\beta_i} \varepsilon_{ci} U_{ti} - (C_p + C_d + C_m + C_n),$$

где C_p , C_d , C_m и C_n — соответственно затраты на разведку, добычу, транспортирование и переработку 1 т полезного ископаемого, сум/т.

Эффективная ценность по своему значению близка прибыли, получаемой при добыче и переработке 1 т полезного ископаемого.

Для добывающего предприятия важна не только извлекаемая и эффективная ценность добытого полезного ископаемого, но и наиболее полная ее реализация. Учитывая материальную заинтересованность горных предприятий, при экономических расчетах целесообразно использовать категорию реализуемой ценности полезного ископаемого Z_p (сум), которая определяет часть извлекаемой ценности, оплачиваемой горному предприятию:

$$Z_p = \sum_{i=1}^l \alpha_i U_{ti}.$$

где f – число качественных характеристик, учитываемых при взаимных расчетах с добывающим предприятием.

Учет реализуемой ценности стимулирует перерабатывающие предприятия комплексно использовать минеральное сырье.

Области практического использования вышеприведенных категорий ценности полезных ископаемых, следующие:

категории «теоретической» и «промышленной» ценности могут применяться при перспективном планировании и прогнозировании развития отраслей народного хозяйства;

категории «извлекаемой», «эффективной» и «реализуемой» ценности применяются при оценке месторождений, проектировании горных, горно-обогатительных и горно-металлургических предприятий, нормировании количественных и качественных потерь, анализе деятельности предприятий.

4.22. Требования к качеству полезных ископаемых

В настоящее время требования к качеству полезных ископаемых определяются обычно категорией «потребительского качества» через уровень символизирующего или расширенного качества (единичные показатели). Доброкачественное минеральное сырье, имеющее один несоответствующий техническим требованиям показатель, часто относится к некондиционному и бракуется, хотя во многих случаях этот нестандартный показатель перекрывается другими, более высокими качественными свойствами. Поэтому одной из первоочередных задач при разработке является установление обоснованных критериев оценки качества и оптимальных требований к минеральному сырью.

На большинство видов полезных ископаемых (за исключением некоторых ископаемых углей, бокситов, строительных горных пород и асбеста) отсутствуют государственные стандарты. Это объясняется исключительным разнообразием вещественного состава одного и того же вида полезного ископаемого на разных

месторождениях, разнообразием типов оруденения, структурно-текстурных особенностей и технологических свойств ископаемых. Многие виды минерального сырья отличаются многофункциональностью, что предопределяет совершенно различные требования к одному и тому же ископаемому – Поэтому требования к качеству полезного ископаемого часто выражаются в виде технических условий (кондиций) или технических норм. При этом в зависимости от назначения полезных ископаемых их качество определяется по содержанию основных полезных и вредных компонентов, минералогическому составу, физико-техническим характеристикам, структурным и текстурным особенностям, гранулометрическому составу, флотационным свойствам, влажности и т. п.

Основные требования промышленности к полезным ископаемым зависят от вида ископаемого, его назначения, существующего уровня техники и технологии его переработки. Например, повышенные требования к содержанию металла в силикатных никелевых рудах (не менее 1,1–1,3%) по сравнению с сульфидными никелевыми рудами (не менее 0,3%) объясняются тем, что для силикатных никелевых руд пока отсутствует эффективная технология обогащения. Для железных руд и концентратов нижний предел содержания Fe в зависимости от месторождений и технологических свойств руды изменяется в широких пределах: 16%–для легкообогатимых руд, 25–30% – для руд с самоплавкой пустой породой, 50–65% – для концентратов и высококачественных руд, направляемых в плавку без обогащения. С развитием науки и совершенствованием технологии переработки полезных ископаемых требования к его качеству меняются.

С позиции потребляющего производства свойства добытого полезного ископаемого подразделяются на полезные, вредные и малозначимые.

Полезные свойства выражаются процентным содержанием металла или других элементов в руде, теплотой сгорания угля, прочностью щебня, длиной и прочностью волокон асбеста,

огнеупорностью магнезитов и доломитов, крупностью и чистотой кристаллов пьезокварца и т. п.

Вредные свойства полезного ископаемого усложняют процесс его переработки, удорожают стоимость конечного продукта, часто обуславливают ухудшение эксплуатационных качеств последнего. Например, зольность угля ухудшает показатели работы тепловых электростанций; вредными примесями для железных руд являются фосфор и сера. Очень часто качество минерального сырья в первую очередь характеризуется вредными свойствами. Например, при наличии кремнезема даже в долях процента в магнезите огнеупорный кирпич теряет механическую прочность, а при попадании окиси кальция резко снижаются его огнеупорные свойства. Обогащение песков для производства стекла заключается главным образом в удалении красящих веществ (окислов железа, титана и др). В медной и свинцово-цинковой руде строго регламентируется содержание окисленных разностей и т. д.

К малозначимым свойствам относятся те, которые не используются перерабатывающим предприятием и существенно не влияют на процессы переработки.

Такое деление важно только для определенного вида производства и уровня его развития. Для химической промышленности, использующей каменные угли в качестве сырья для производства синтетических материалов, теплота сгорания углей не имеет большого значения. При использовании доломита в системах очистки вод ценны иные качества, чем в огнеупорной промышленности. С развитием техники и технологии переработки начинают использоваться многие ранее малозначимые качества полезных ископаемых: извлекаются попутные элементы, используются отходы производства и т. д.

По совокупности свойств полезное ископаемое одного месторождения (чаще руда) разделяется во многих случаях на отдельные технологические типы и сорта.

Тип полезного ископаемого определяется различной технологией переработки, что обуславливает особенности его подго-

товки к переработке. Тип руды может различаться по химико-минералогическому составу, структурно-текстурным особенностям, физико-техническим характеристикам. На каждом эксплуатируемом месторождении обычно действует своя классификация типов руд, устанавливаемая в соответствии с конкретными различиями свойств руд и принятой технологией их переработки.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к качеству полезного ископаемого?
2. Какие свойства полезного ископаемого усложняют процесс переработки?
3. Назовите основные требования промышленности к полезным ископаемым.

ГЛОССАРИЙ

На русском	На узбекском	На английском
<p>Автодорога карьерная – инженерное сооружение, предназначенное для движения автотранспорта для перевозки горной массы и полезных ископаемых на определенной скорости и грузоподъемности</p>	<p>Карьер автоўли – фойдали қазилмалар ва тоғ жинсларини қазиш жойидан тўқиш жойгача бўлган маълум масофага ташувчи автомобилларни маълум теликда ва оғирлиги хисобланган юк билан хавсиз ҳаракатланишини аъминловчи муҳандислик иншооти</p>	<p>A quarry road – is an engineering structure designed for the movement of vehicles to transport rock mass and minerals at a certain speed and load capacity</p>
<p>Автосамосвал карьерный – грузовой автомобиль с усиленным кузовом, опрокидывающимся для разгрузки с помощью гидравлических цилиндров</p>	<p>Карьер автоағдаргичи – карьерларда катта кузови кучайтирилган ва гидравлик цилиндр ёрдамида юкни ўзи ағдарадиган машина</p>	<p>Dump truck quarry-a truck with a reinforced body that tilts over for unloading using hydraulic cylinders</p>
<p>Бровка – линия пересечения откоса уступа с его нижней или верхней площадкой.</p>	<p>Бровка – поғона қиялигини унинг остки ва устки майдончалари билан кесишган чизиги.</p>	<p>Brovka – the line of intersection of the slope of the ledge with its lower or upper</p>
<p>Буровой станок – машина, предназначенная для бурения скважин на открытых, подземных и геологоразведочных работах.</p>	<p>Бургулаш машинаси – очик, ер ости ва геологик кидирув ишларида скважиналарни бургулаш учун қўлланиладиган машина.</p>	<p>Drilling machine – machine designed for drilling wells in open, underground and geological exploration</p>
<p>Вскрышные породы- часть геологической</p>	<p>Копловчи жинслар - геологик муҳитнинг бир</p>	<p>Overburden – Part of the geological</p>

<p>среды или техногенных образований перекрывающая полезную толщу сверху, подлежащая удалению в отвалы при разработке</p>	<p>кисми ёки техноген тузилишларнинг юкори томондан ёпиб турган фойдали катлами, казиб олинганда агдармаларга жойлаштирилади</p>	<p>environment or man-made formations that overlaps the useful thickness from above, to be removed to dumps during development</p>
<p>Граничный коэффициент вскрыши – наибольший допустимый коэффициент, который определяется из условия экономичности открытого способа разработки</p>	<p>Фойдали казималарни карьер чегарасидаги захиралари казиб олиш мумкин бўлган чегарани, карьернинг казиб олиш муддатини ва казиш ишлари иктисодий натижаларини аниқловчи асосий кўрсаткич</p>	<p>The boundary Stripping coefficient is the highest allowable coefficient, which is determined from the condition of efficiency of the open method of development</p>
<p>Грузопоток – технологически связанная совокупность горных машин и транспорта, установленной производительности независимо ведущих разработку определенной зоны карьера</p>	<p>Юк окими-бу технологик жихатдан боғланган кон машиналари ва транспорт воситаларининг карьернинг маълум бир майдонини мустақил равишда ривожлантирадиган мажмуи</p>	<p>Cargo flow is a technologically connected set of mining machines and vehicles that independently develop a certain area of the quarry</p>
<p>Забой – поверхность горных пород в массиве или развале, являющаяся объектом выемки.</p>	<p>Забой – казиш объекти бўлган қатор ёки уюм жинслари юзаси.</p>	<p>Slaughter – the surface of rocks in an array or collapse, which is the object of excavation</p>
<p>Заходка – породная полоса в пределах определенного участка развала или массива уступа, обрабатываемая за один проход выемочного оборудования</p>	<p>Кирма-кулаши ёки қатор маълум бир бўлимда доирасида бир рок гурухи, казиб олиш усқуналари бир довони амалга ишлаган</p>	<p>Entering-a rock band within a certain section of the collapse or ledge array, worked out in one pass of the extraction equipment</p>

<p>Карьер – горное предприятие, предназначенное для добычи полезных ископаемых открытым способом</p>	<p>Карьер – фойдали қазилма конларини очик усулда қазиб олувчи кон корхонаси.</p>	<p>The quarry – is a mining enterprise designed to extract minerals in an open pit.</p>
<p>Карьерное поле – месторождение или его часть егоразрабатываемая одним карьером</p>	<p>карьер майдони бу конни ёки унинг бир қисмини битта карьер билан қазиб олиши</p>	<p>A quarry field is a field or part of it that is developed by a single quarry</p>
<p>Капитальная траншея – открытая наклонная выработка, создающая доступ транспорту с поверхности к разрабатываемому рудному телу.</p>	<p>Капитар траншея – ишчи горизонтни очик учун хизмат қилувчи очик кон қия лахими бўлиб, транспорт воситаларини йер юзасидан конгача етиб боришини таъминлайди.</p>	<p>The capital trench is an open inclined development that creates access to transport from the surface to the ore body being developed.</p>
<p>Конечная глубина карьера – параметр, который устанавливается на основании сравнения полной себестоимости единицы добычи полезного ископаемого и преysкурантной стоимостью</p>	<p>Карьернинг охирги чуқурлиги – бу қия ва тик жойлашган уюмларни қазиб олишда, карьернинг ишлаб чиқариш қуввати, унинг майдондаги ўлчамлари, қазиб олинган кон массаси жами</p>	<p>The final depth of a quarry is a parameter that is set based on a comparison of the total cost of a mineral extraction unit and the list price</p>
<p>Кондиция – качественные и количественные показатели, определяющие пригодность полезного ископаемого для промышленного использования</p>	<p>Кондиция – етқазиб бериладиган маҳсулотнинг шартнома шартига ёки меъёр талабларига жавоб берадиган (қиймати) кўрсаткичидир.</p>	<p>Condition – qualitative and quantitative indicators that determine the suitability of a mineral for industrial use</p>
<p>Комбинированный транспорт – использование транспортов в</p>	<p>Комбинациялашган транспорт – унда бир хил юкларни кетма-кет равишда турли кўринишдаги, ўзи</p>	<p>Combined transport – the use of vehicles in certain conditions, with different cargo</p>

определенных условиях, при разных грузопотоках	учун кулай шароитда ишлай оладиган транспортлар кўлланилиши	flows
Ствал – инженерное сооружение для складирования некондиционных и пустых пород	Ағдарма бу очик кон ишлари натижасида казиб олинган ва кераксиз бўлган тоғ жинслари ва некондицион фойдали казилма бойликлари тўпланадиган жойи	Blade – engineering construction for the storage of defective and empty rocks
Откос уступа – наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства	Погона киялиги – погонанинг казиб олинган томони бўйича бурчак остида чегараловчи киялик.	The slope of the ledge – is an inclined surface, bounding the ledge on the side of the worked space
Потери полезного ископаемого – часть балансовых запасов, не извлеченная из недр при разработке месторождения или утраченная в простессе добычи и переработки.	Йўқолиш – кондистион фойдали казилмаларнинг ер қаърида қолиб ва қопловчи жинс таркибига кўшилиб кетиши, юклаш ва ташиш оқибатида ва бошка холларда хажмнинг камайишидир.	Loss of mineral resources – is part of balance reserves that was not extracted from the bowels during the development of the deposit
Предохранительная берма – площадка между уступами, оставляемая на нерабочем борту карьера для повышения устойчивости и задержания осыпавшихся с откоса кусков породы	Химояловчи майдонча – борт турғунлигини ошириш ва шамол таъсирида погоналарнинг емирилиши натижасида ўпирилиб тушадиган тоғ жинслари бўлақларини ушлаб қолиш учун хизмат килади	The safety berm – a platform between the ledges, left on the non-working side of the quarry to increase the stability and the retention of pieces of rock falling from the slope
Подуступ – часть уступа по высоте, разрабатываемая самостоятельными средствами рыхления, погрузки, но	Поғона – алохида казиш воситалари билан казиб олинадиган, лекин барча погоналар учун умумий бўлган транспорт воситалари билан хизмат	The bottom is part of the ledge – in height, developed by independent means of loosening, loading, but served by

обслуживаемая транспортом, общим для всего уступа.	кўрсатадиган поғонанинг баландлиги бўйича қисми.	transport, common to the whole ledge.
Прииск – горное предприятие по добыче россыпных месторождений драгоценных металлов	Прииск – сочма холда жойлашган қимматбаҳо ва нодир металлрни қазиб олуи кон корхонаси.	The mine is a mining enterprise for the extraction of alluvial deposits of precious metals
Промысел – горное предприятие по добыче жидких и газообразных полезных ископаемых.	Промысел – суюқ ва газ холдаги фойдали қазилма конларини қазиб олуви кон.	Fishing – a mining enterprise for the extraction of liquid and gaseous minerals.
Рабочая площадка – площадка на рабочем уступе на которой размещается буровое, выемочно-погрузочное и транспортное оборудование, предназначенное для его разработки	Қазиб олинган майдон – ётик қатламларни қазиб олишда, фойдали қазилмани қазиб олгандан сўнг қарьерда ҳосил бўлган майдон	Working platform – a platform on a working ledge on which drilling, dredging, loading and transport equipment intended for EO development is located
Разрез – карьер по добыче угля.	Разрез – кўмирни очик усулда қазиб олуви қарьер.	Cut-out coal mine
Рудник – горное предприятие, служащее в основном для подземной добычи руд горно-химического сырья и строительных материалов.	Рудник – кон қимёвий ва қурилиш материалларини ер ости усулида қазиб олуви кон корхонаси.	The mine is a mining enterprise, serving mainly for underground mining of mining and chemical raw materials and construction materials.
Рабочая зона карьера – совокупность уступов, находящихся в одновременной отработке.	Ишлаш зонаси – бир вақтда қарьер ичида қазил ишлари олиб борилаётган поғоналар йиғиндиси.	Working area of the quarry – a set of ledges that are in simultaneous work
Рабочая площадка – площадка уступа, на	Ишчи майдон – қазиб олиш учун мўлжалланган	Work platform – the platform of the ledge

<p>которой размещается основное карьерное оборудование.</p>	<p>жихозлар жойлашган майдон.</p>	<p>on which the main quarry equipment is located.</p>
<p>Разубоживание – уменьшение содержания полезного компонента или компонентов, в добытом ископаемом по сравнению с содержанием их в массиве вследствие перемешивания пустых пород или некондиционного полезного ископаемого и потерь части полезного ископаемого.</p>	<p>Аралашув – кон ишларини олиб бориш жараёнида қопловчи жинсларнинг ва кондистия талабига жавоб бермайдиган фойдали қазилмалар турларининг кондистия талабига жавоб берувчи фойдали қазилмага аралашув даражасини белгилайди.</p>	<p>Disinclination – is the decrease in the content of a useful component or components in the extracted fossil as compared to their content in the massif due to mixing of empty rocks or substandard minerals and losses of a part of the mineral.</p>
<p>Разрезная траншея – горизонтальная открытая выработка, служащая для создания первоначального фронта работ и размещения горного и транспортного оборудования.</p>	<p>Қирқим траншея – горизонтал очик кон лаҳими бўлиб, фойдали қазилмани ёки қопловчи жинсни қазиб олиш учун иш фронтини яратиб беради.</p>	<p>The cut-off trench is a horizontal open mine that serves to create an initial work front and the placement of mining and transport equipment.</p>
<p>Схема вскрытия – комплекс открытых горных ыработок обеспечивающих движение транспортировки пород и связь между пунктами приема и погрузки между горизонтами на определенных этапах работ</p>	<p>Очиш схемаси – бу маълум қаралаётган даврда қарьернинг ишчи горизонтларини ва кон массасини қарьер ичида ёки ер юзида мос равишда қайта юклаш ва қабул қилиш пунктларини (жойларини) ўзаро боғлиқлигини юк транспорт ҳаракатини таъминловчи барча очувчи кон лаҳимлари мажмуидир.</p>	<p>Opening scheme-a complex of open mine workings that ensure the movement of rock transportation and the connection between the points of reception and loading between the horizons at certain stages of work</p>

<p>Система открытой разработки месторождения – порядок и последовательность выполнения горных работ в пределах карьерного поля или его части.</p>	<p>Очиқ усулда казиб олиш тизими – карьер майдони чегараси ёки унинг бир қисмида кон ишларининг олиб бориш кетмакетлиги ва тартиби</p>	<p>Development system is the order and sequence of performing the mining operations within the career field or its part</p>
<p>Транспортная берма – площадка, служащая для размещения транспортных коммуникаций</p>	<p>Транспорт майдончаси – карьердаги ишчи майдонларни юза билан боғловчи транспорт йшллари жойлашиши учун хизмат қилади.</p>	<p>Transport berm – a place for transport communications</p>
<p>Транспортная система разработки – система формирования отвалов вскрышных пород с использованием транспортных средств</p>	<p>Транспортли казиш тизими бу қопловчи тоғ жинсларини транспорт воситалари ёрдамида ағдармага бўйламасига (фронтал равишда) жойлаштириш тизими.</p>	<p>Transport system development – the system of formation of the overburden dump using the transport tools</p>
<p>Технология разработки месторождений полезных ископаемых – совокупность основных производственных процессов вскрышных и добычных работ определенным комплексом взаимосвязанных машин, обеспечивающих заданную производственную мощность карьера при минимальных затратах</p>	<p>Конларни ишлаб чиқариш технологияси – бу ишлаб чиқариш қонуниятлари ва техник воситаларининг имқониятлари ҳақидаги фундаментал билимларга асосланган кон ишларининг механизациялаштирилган ишлаб чиқаришнинг ўзаро боғлиқ жараёнлари, усул ва йўлларининг бирлашмаси.</p>	<p>Technology of development of mineral deposits – a set of basic production processes of overburden and mining operations by a certain set of interconnected machines that provide a given production capacity of the quarry at a minimum cost of time, labor and money</p>

времени, труда и средств		
Трасса капитальных траншей называется линия, определяющая положение оси путей в пространстве	Траншея ёки бошка лахимнинг трассаси – бу сохада ётқизилиши транспорт йўли йер полотносининг план ва профилини аниқлайдиган чизик.	The route of capital trenches is called Liia, which determines the position of the axis of the tracks in space
Транспортно-отвальный мост -- подвижная металлическая конструкция главной фермы, соединяющая вскрышные забои с породными отвалами по кратчайшему расстоянию	Транспорт ва борини энг киска масофада тош ташламалари билан юзларини боғлаб асосий бир кўчар металл куприги	Transport and dump bridge-a movable metal structure of the main truss that connects the overburden faces with rock dumps at the shortest distance
Уступ – отдельный слой, который разрабатывается самостоятельными средствами рыхления, выемки и перемещения	Погона – алохида қазилш, юклаш ва ташиш воситаларига эга бўлган ва погона шаклидаги ишчи юзага эга бўлган тоғ жинси каттикдигининг бир қисми.	The ledge – is a separate layer, which is developed by independent means of loosening, excavating and moving.
Шахта – горное предприятие, осуществляющее добычу полезных ископаемых подземным способом	Шахта – фойдали қазилма конларини ер ости усулида қазиб олувчи кон корхонаси.	The mine is a mining enterprise intended for the extraction of minerals by underground means
Фронт горных работ – суммарная протяженность вскрышных и обычных рабочих уступов карьера.	Кон ишлари fronti – карьер ишчи погоналаридаги очиш ва қазилш ишларининг йиғинди узунлиги.	The front of mining operations – is the total length of overburden and mining working quarries of the quarry.

<p>Эксплуатационный коэффициент вскрыши – отношение общего объема пород к извлекаемым запасам полезного ископаемого по карьере в целом или по его участку</p>	<p>Эксплуатацион коэффичи тог жинси коэффичиенти – карьернинг эксплуатацион ишлари давридаги ўртача коэффичиенти дир.</p>	<p>Operational overburden coefficient – the ratio of the total volume of rocks to the recoverable mineral reserves for the quarry as a whole or for its site</p>
---	---	--

ЛИТЕРАТУРА

Основные

1. Сагатов Н.Х., Арипова Л.Т., Петросов Ю.Э., Джабборов М.Н. Очиқ кон ишлари технологияси ва комплекс механизациялаш. – Учебное пособие.-Т.: Камалак. 2015. – 186с.
2. Сагатов Н.Х. Кон ишлари асослари. – Ўқув қўлланма.– Т.: ТДТУ. 2005. – 201 с.
3. Петросов Ю.Э. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Курс лекций. – Т.: ТГТУ. 2001. – 215 с.
4. Кучерский Н.И. и др. Совершенствование процессов открытой разработки сложно структурных месторождений эндогенного происхождения.– Ташкет: ФАН. 1998. – 254с.
5. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ М., Недра 1980 г.
6. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Кн. 1-2. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М. Недра, 1985.
7. Шестаков В.А. Проектирование горных предприятий. Учебник. М.: МГТУ, 2003. –800 с.
8. Егоров П.В., Бобер Е.Л. и др. Основы горного дела. М.: МГТУ, 2003. –408 с.
9. Заиров Ш. Ш., Равшанова М.Ж. Учебно-методический комплекс Технология открытой разработки. Навоий., НГТИ, 2015. – 463с.

Дополнительные

1. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Проектирование карьеров. –Москва: НПК «Гемос Лиметед», 2003. – 173 с.
2. Быковцев А.С. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. М: 2000. – 224с.
3. Ялганец ИМ., Щадов М.И. Практикум по открытым горным работам: Учеб. пособие. М.: МГТУ, 2003. -510с.

Интернет сайты:

http://www.elibrary.ru/menu_info.asp-научная электронная библиотека.

<http://mggu.da.ru>-Московский государственный горный институт.
<http://www.mining-journal.com/mj/MJ/mj.htm>-Mining Journal
[http://info.uibk.ac.at/c/c8/c813-Institute of Geotechnical and Tunnel Engineering](http://info.uibk.ac.at/c/c8/c813-Institute%20of%20Geotechnical%20and%20Tunnel%20Engineering)

<http://www.rsl.ru>-Российская государственная библиотека
<http://www.minenet.com>-Mining companies.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. СУЩНОСТЬ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ	5
1.1 Сущность технологии открытых горных работ	5
1.2 Типы разрабатываемых месторождений и залежей. Виды открытых горных разработок	19
1.3 Виды и размеры карьерных полей	25
1.4 Виды и периоды горных работ. Порядок развития открытых горных работ	31
1.5 Понятие о режиме и этапах горных работ. Подготовка карьерного поля к разработке	36
1.6 Порядок формирования грузопотоков. Виды грузопотоков	44
ГЛАВА 2. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	
2.1. Общие сведения о системах разработки	50
2.2. Классификация систем разработки	53
2.3. Элементы, параметры системы разработок	58
2.4. Разработка горизонтальных и пологопадающих месторождений. Элементы систем разработки с постоянным положением рабочей зоны.	69
2.5. Бестранспортная система разработки	72
2.6. Технология вскрышных работ с перевалкой и перезекскавацией вскрыши в выработанном пространстве одноковшовыми экскаваторами	84
2.7. Расчет параметров системы разработки бестранспортной системы разработки	89
2.8. Выбор вскрышного экскаватора и определение производительности карьера по полезному ископаемому	97
2.9. Транспортно-отвальная система разработки	99
2.10. Комбинация бестранспортной и транспортноотвальной систем разработки	110
2.11. Транспортная система разработки	115
ГЛАВА 3. ВСКРЫТИЕ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ	
3.1. Классификация способов вскрытия	125
3.2. Вскрывающие горные выработки	129
3.3. Трассы вскрывающих выработок	135
3.4. Объемы капитальных траншей и полутраншей	141

3.5.	Разделение карьерного поля на выемочные слои	149
ГЛАВА 4. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ		
4.1.	Общие сведения о комплексной механизации открытых горных работ	152
4.2.	О разработке горных пород	153
4.3.	Выбор технологического комплекса оборудования	158
4.4.	Принципы комплексной механизации	161
4.5.	Технологическая классификация комплексов оборудования	166
4.6.	Порядок выемки экскаваторно-отвальными технологическими комплексами	172
4.7.	Способы вскрытия при экскаваторно-отвальном технологическом комплексе	177
4.8.	Технологические комплексы с консольными отвалообразователями	180
4.9.	Характеристика технологических комплексов с консольными отвалообразователями	182
4.10.	Технологические комплексы с транспортно-отвальными мостами	189
4.11.	Характеристика технологических комплексов с транспортно-отвальными мостами	191
4.12.	Скреперные технологические комплексы	196
4.13.	Параметры систем разработки при скреперных комплексах	201
4.14.	Бульдозерные технологические комплексы	207
4.15.	Гидромеханизированные комплексы горных работ	213
4.16.	Транспортные технологические комплексы. Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы при сплошных системах разработки	220
4.17.	Технологические комплексы с конвейерным перемещением горной массы	223
4.18.	Технологические комплексы с перемещением породы железнодорожным транспортом во внутренние отвалы при сплошных системах разработки	228
4.19.	Технологические комплексы при перемещении горной массы автотранспортом при сплошных системах разработки	235
4.20.	Связь режима горных работ и экономических показателей карьера	240
4.21.	Качество продукции горных предприятий	252
4.22.	Требования к качеству полезных ископаемых	256
	Глоссарий	260
	Литература	269

НАИМОВА РАЪНО ШУКУРОВНА

**ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ
СПОСОБОМ**

УЧЕБНИК

Редактор:
А. Абдужалилов

Техник редактор:
Ю. Уринов

Корректор:
Д. Бекназарова

Лицензия редакции. № 8521, 07.09.2020 г.
Сдано в печать 05.02.2022 года. Формат: 60x84 ¹/₁₆
Офсетная печать. Гарнитура "Times New Roman".
Усл. П.л. 17.0. Тираж 100 шт. Заказ № О-06.

Редакция « Excellent Polygraphy »,
город Ташкент, Жангох, 12/13.

Отпечатано в типографии ООО « Excellent Polygraphy »,
г.Ташкент, Жангох, 12/13

Телефон: 99890 936-66-11, 99890 000-33-93