

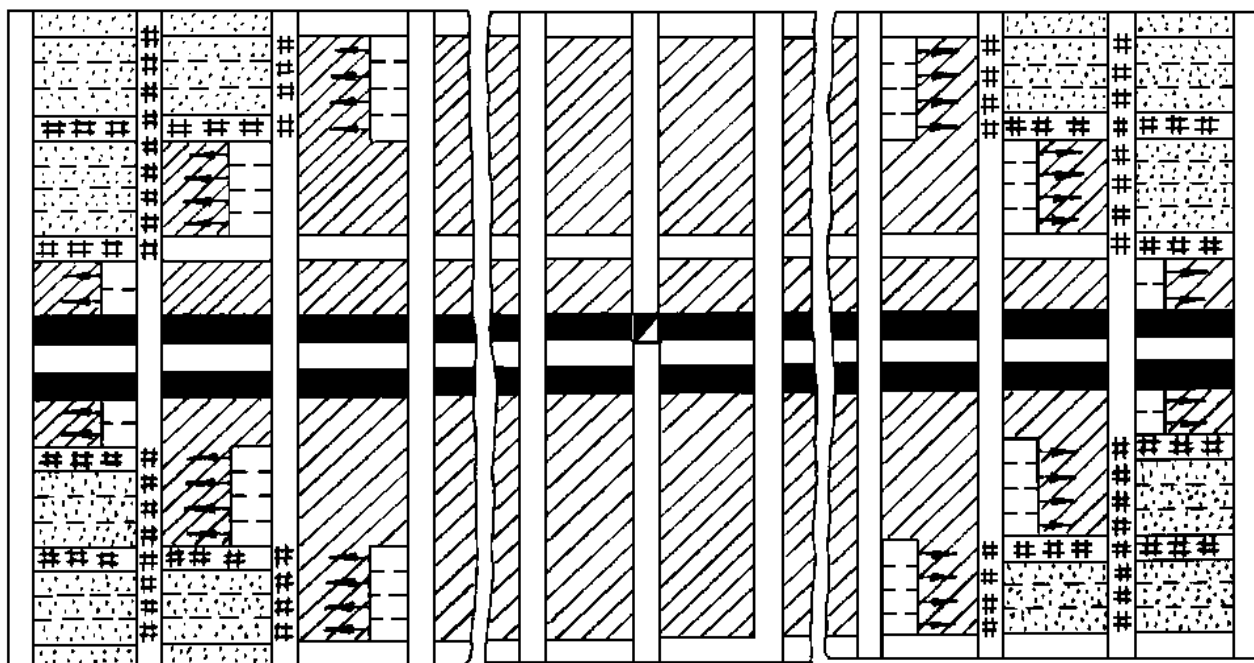


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

В.И. Горбунов
И.И. Айбиндер

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*



Магнитогорск
2013

Рецензенты:

Профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой технологии подземной разработки
рудных месторождений,
Московского государственного горного университета
Е.В. Кузьмин

Кандидат технических наук, начальник отдела
ЗАО ПКФ «Южуралавтобан»
З.М. Кашапов

Горбунов В.И., Айбиндер И.И.

Технология подземной разработки россыпных месторождений [Электронный ресурс] : учебное пособие /Валентин Иванович Горбунов, Игорь Израилевич Айбиндер ; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – 2-е изд., подгот. по печ. изд. 1998 г. – Электрон. текстовые дан. (0,77 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

Приведены основные сведения о геологии и способах разработки россыпных месторождений. Освещены вопросы осушения, вскрытия и подготовки россыпных месторождений. Особое внимание уделено системам разработки россыпных месторождений. Рассмотрены технологические процессы очистных работ и принципы отвалообразования песков. Предназначено для студентов горных вузов и факультетов.

УДК 622.272:622.271

© Горбунов В.И., 1998
© Айбиндер И.И., 2013
© ФГБОУ ВПО «Магнитогорский
государственный технический
университет им. Г.И. Носова», 1998

ПРЕДИСЛОВИЕ

Большая часть таких полезных ископаемых как благородные металлы (золота, платина), редкоземельные и редкометалльные минералы (циркон, монацит), ценные кристаллы (алмазы, оптический кварц), оловянно-вольфрамовые минералы (касситерит, вольфрамит) и ряд других добывается из россыпных месторождений.

По условиям залегания и горнотехническим факторам значительная часть россыпных месторождений разрабатывается открытым способом. Подземный способ в нашей стране впервые был применен для разработки талых россыпей в Северо-Восточном регионе. Это было обусловлено отсутствием на приисках того времени средств механизации вскрышных работ. Подземный способ разработки многолетнемерзлых россыпей стал широко применяться с середины 30-х годов на Северо-Востоке страны. В ближайшей перспективе подземный способ разработки в нашей стране будет применяться в основном на многолетнемерзлых россыпях.

Существующая землеройная техника позволяет перемещать большие объемы горной массы, поэтому в большинстве случаев для талых россыпей наиболее эффективным будет открытый способ их разработки. Однако в дальнейшем даже в районах распространения сплошной толщи многолетнемерзлых пород будут разрабатываться россыпи, залегающие на такой глубине, где температура пород положительна. Поэтому в обозримом будущем вновь придется разрабатывать подземным способом талые россыпи, но в более сложных условиях, чем в настоящее время.

Из всех известных способов разработки россыпей подземный способ является наиболее трудоемким и дорогостоящим. Кроме этого, подземные работы всегда сопряжены с повышенной опасностью для рабочих. Однако есть основания ожидать, что доля подземного способа разработки россыпей сохранится, и даже может несколько возрасти.

Отсюда следует, что все мероприятия, направленные на совершенствование подземного способа разработки имеют большое значение. Такое совершенствование должно производиться одновременно в двух основных направлениях: обеспечение безопасных условий труда на шахтах и улучшения технико-экономических показателей работы шахт.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1.1. Общие понятия

Россыпи представляют собой скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащего в виде зерен, их обломков либо агрегатов ценные россыпеобразующие минералы. Полезными компонентами россыпей являются минералы, встречающиеся в природе в небольших количествах, в том числе рудные (содержащие металлы или их соединения), аксессуарные (содержащиеся в горных породах в количествах менее 1 %) и некоторые пороодообразующие минералы, физико-химические свойства которых способствуют их сепарации и сохранности в зоне гипергенеза в различных рыхлых обломочных породах.

По типу полезных компонентов россыпи разделяются на следующие группы: благородных металлов (золото, серебро, платина и платиноиды), оловянные, вольфрамовые, титаноциркониевые, редкометалльные, ювелирных и ювелирно-поделочных камней, пьезооптического сырья.

Россыпные месторождения представляют собой россыпи, содержащие ценные металлы или минералы, разработка которых экономически целесообразна и технически возможна на данном уровне развития техники и технологии.

Россыпные месторождения относятся к вторичным месторождениям, которые образуются вследствие физико-химического разрушения коренных месторождений (как правило, рудных) и переноса их водными потоками, ледниками, силой ветра и т.п.

1.2. Вертикальное строение россыпей и элементы их залегания

Вследствие большого удельного веса ценные металлы и минералы в процессе переноса водными потоками концентрируются в нижней части наносов.

В строении россыпей различают следующие основные элементы: *плотик*, *пески* и *торфа* (рис. 1.1).

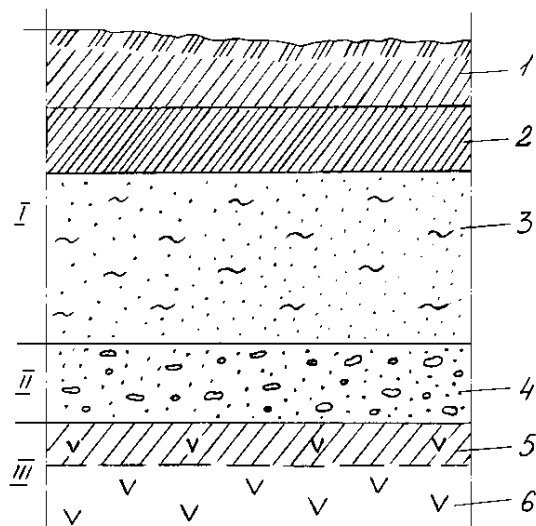


Рис. 1.1. Строение типичной аллювиальной долинной россыпи:

- I - торфа;
- II - пески;
- III - плотик;
- 1 - почвенно-растительный слой;
- 2 - супесчаные породы;
- 3 - песчано-гравелистые породы;
- 4 - металлоносный пласт;
- 5 - разрушенные коренные породы;
- 6 - монолитные коренные породы

К *плотику* относят коренные породы, подстилающие россыпь. Обычно это алевролиты, известняки, глинистые сланцы или граниты с коэффициентом крепости $f = 1 - 10$. Характер плотика может оказывать большое влияние на распределение полезного компонента. Породы, весьма благоприятные для его улавливания (трещиноватые глинистые сланцы или карстовые известняки), задерживают большую часть полезного компонента еще в процессе передвижения, что обедняет аллювиальную часть пласта.

От плотика следует отличать *плотную россыпь*, под которым понимается поверхность, ограничивающая снизу промышленный пласт песков.

Пески - это часть наносных отложений, содержащих зерна полезных компонентов в промышленных количествах; аналог термина "руда" для коренных месторождений. Состав: песок, глина, галька, элювий иногда щебень и валуны. В большинстве случаев пески залегают в форме пласта в нижней части россыпи, включая нижнюю часть рыхлых отложений, элювий и верхнюю часть коренных пород. Иногда пласт песков целиком располагается либо в рыхлых отложениях, либо в трещиноватых коренных породах.

Под *торфами* понимают верхнюю часть наносных отложений, не содержащих полезное ископаемое, или содержащих его в количествах, не рентабельных для разработки. Состав: галечник, глина, ил.

В табл. 1.1 приведена классификация обломочного материала, слагающего рыхлые отложения россыпей по крупности.

Таблица 1.1

Классификация обломочного материала

Размер зерен или обломков, мм	Обломочный материал:	
	окатанный	неокатанный
До 0,01	Ил, глина	-
0,01 - 1,0	Песок	-
1,0 - 10	Гравий	Дресва
10 - 100	Галька	Щебень
Более 100	Валуны	Глыбы

Концентрация ценных минералов на отдельных участках россыпи различна. Наиболее обогащенная часть залежи называется *струей россыпи*. Встречаются россыпи с несколькими струями.

Иногда россыпь состоит из нескольких горизонтов песков, залегающих один над другим. В этих случаях верхние пески залегают на ложных плотиках, представленных обычно глинистыми отложениями. Такие россыпи называются сложными.

На россыпях необходимо различать следующие элементы залегания: *падение, простирание и глубину*.

Падение россыпи соответствует основному направлению движения водного потока, образовавшего россыпь. Протяженность россыпи по падению является длиной россыпи, и она может быть от 100 м до нескольких десятков километров.

Простирание россыпи перпендикулярно основному направлению движения водного потока и представляет собой линию пересечения залежи с горизонтальной плоскостью. Протяженность россыпи по простиранию является ее шириной, и она может быть от 2-х до 500 м (обычно 30 - 60 м).

Глубина (мощность) россыпи - это расстояние по вертикали от земной поверхности до плотика. Мощность россыпи может достигать 200 м и более (обычно 3 - 20 м).

Глубина залегания пласта определяет расстояние от поверхности до кровли пласта песков.

Мощность пласта россыпей изменяется обычно от 0,2 до 3 м и только в отдельных раздувах и западениях может увеличиваться до 5 - 15 м.

По своей форме залегания россыпные месторождения можно отнести к пластовым с небольшим углом падения (практически горизонтальные). Границы россыпного месторождения по длине и ширине называются его *контуром*. Различают геологический, балансовый и промышленный контуры.

1.3. Типы россыпей

По возрасту россыпи разделяются на три группы: *новые, древние и ископаемые*.

Новые (четвертичные) россыпи приурочены к современным речным долинам, морским и озерным прибрежным зонам. Они залегают горизонтально, а слагающие их обломочные отложения - обычно рыхлые (редко сцементированные).

Древние (мезозойские и третичные) россыпи располагаются в депрессиях или отмерших участках древней гидросети. Слагающие их отложения либо рыхлые, либо сцементированные. Залегают горизонтально, редко наклонно.

Ископаемые (допалеозойские и палеозойские) россыпи встречаются на плоских водоразделах, в депрессиях и в долинах под толщей четвертичных отложений. Обычно они представлены конгломератами, гравелитами и реже песчаниками, залегающими аналогично вмещающим их породам.

Древние и ископаемые россыпи часто называют *погребенными* россыпями. Они возникают в случае перекрытия россыпи более молодыми отложениями.

В зависимости от типа рыхлых отложений различают россыпи *элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиально-делювиальные* (ложковые), *аллювиальные, литоральные* (береговые), *гляциальные* (ледниковые), *эоловые* (дюнные) и др.

Элювиальные россыпи залегают на выходе коренного месторождения на поверхность Земли непосредственно на его верхней полуразрушенной части. Такие россыпи характеризуются угловатым неокатанным материалом, сцементированным глиной; иногда могут наблюдаться сростки с жильными минералами. Мощность отложений обычно незначительна. Иногда она достигает 2 м и более. Эти россыпи чаще всего не имеют промышленного значения и разрабатываются попутно с рудными месторождениями. Лишь некоторые из них имеют самостоятельную промышленную ценность.

Делювиальные россыпи представляют собой материал элювиальных россыпей, смещенный силой тяжести или иным способом вниз по склону, на котором расположено коренное месторождение. Обломочный материал обычно плохо окатан и слабо сортирован. Мощность отложений не превышает 3 м, но у подножия склона может достигать 30 м. Содержание ценных минералов в таких россыпях, как правило, уменьшается вниз по склону, так как происходит их перемешивание с пустой породой. Россыпи этого типа редко имеют промышленное значение, однако при поисках они могут указывать на близость коренного месторождения.

Ложковые (аллювиально-делювиальные) россыпи по своему происхождению близки к делювиальным. Они образуются за счет размыва элювиальных россыпей, как правило, на дне распадков в результате сноса ценных минералов со склона дождевыми и тальными снеговыми водами или скатывания под действием силы тяжести. Обломочный материал слабо сортирован, состав его разнообразен, окатанность - различная. Залегают ложковые россыпи или в виде линз, или имеют расширенные контуры, соединяя аллювиальные россыпи смежных эрозионных уровней. Невыдержанность содержания и невысокое качество запасов ложковых россыпей компенсируются их незначительной глубиной залегания и благоприятными горно-геологическими условиями, позволяющими без особой подготовки в течение одного сезона вовлекать такие россыпи в эксплуатацию.

Пролювиальные россыпи приурочены к конусам выноса горных рек. Однако они могут возникать также под действием временных мощных водных потоков у понижений склонов возвышенностей, что связано с отложениями селей, размывом сухих дельт и др. Основным источником, за счет которого происходит формирование пролювиальных россыпей, являются размыв и переотложение наносов аллювиальных россыпей.

Аллювиальные россыпи образуются в результате переноса разрушенного материала коренных месторождений водными потоками на значительные расстояния. Распространены в гористой местности и формируются в связи с эрозионными циклами в фазы углубления (глубинная эрозия) и расширения (боковая эрозия) долины. Это наиболее распространенный тип россыпей и самый важный источник добычи многих ценных минералов. Этот тип россыпи характеризуется хорошей окатанностью обломочного материала, его слоистостью, разделением по крупности, плотности и разнообразием состава. Россыпи залегают на сравнительно небольшой глубине и почти всегда связаны с современным рельефом.

В соответствии с геоморфологическими условиями выделяются аллювиальные россыпи, размещающиеся на различных высотных уровнях: в пределах поднятий - водораздельные, террасовые, долинные, русловые и косовые; во впадинах - погребенные, террасовые и долинные; в аккумулятивной толще на ложных плотиках - висячие. В пределах поднятий преобладают мелкозалегающие россыпи (глубиной до 15 м), во впадинах - глубокозалегающие (глубиной 20 - 300 м, чаще до 100 м).

Русловые россыпи залегают в современном русле реки непосредственно на плотике или на отложениях пойменной россыпи. Они представляют собой современную аллювиальную россыпь, находящуюся в процессе своего формирования, отличаются незначительной мощностью (0,5 - 1,5 м) рыхлых отложений, преобладанием крупного гравийно-галечного материала.

Косовая россыпь (коса - низкая намывная полоса суши, примыкающая одним концом к берегу реки, моря, озера) представляет собой скопление мелких частиц ценного минерала, переносимых во взвешенном состоянии. Мелкие частицы минералов располагаются исключительно сверху толщи песчано-галечных наносов, вдоль выпуклых намывных берегов рек (пляжей), на островах, косах и отмелях, где относительно быстро уменьшается скорость течения при спаде полых вод и происходит выпадение минерала. Ценные минералы могут залежать в тонких пропластках, чередующихся с тонкими слоями пустых пород. Русловые и косовые россыпи находятся в постоянном движении, особенно быстро перемещаясь во время половодья. Будучи отработанными, они могут восстанавливаться.

Долинные (пойменные) россыпи образуются от размыва русловых и вышележащих террасовых россыпей и залегают в современных долинах независимо от положения русла реки. Наносные отложения отличаются окатанностью и отсортированностью, небольшим количеством валунов, особенно в нижних частях долин. В толще отложений встречаются отдельные прослойки глинистых и песчаных пород с галькой и валунами. Пласт песков достаточно четкий. Длина россыпи может достигать 80 км (обычно 1 - 20 км), ширина - 2 км (обычно 100 - 400 м), а глубина - 60 м.

Террасовые и *увальные* россыпи представляют собой остатки долинных россыпей, образовавшихся в то время, когда ложе плотика находилось выше современного уровня реки. В долинах рек встречаются до семи террасовых россыпей, залегающих на высоте до 100 м от современного уровня воды. Остатки старых долинных россыпей, отложившихся на пологом склоне, плотик которых плавно сопрягается с плотиком современной долинной россыпи, относятся к увальным россыпям. Наносные отложения увальных и террасовых россыпей отличаются большей глинистостью и валунистостью чем долинные. Их длина может достигать 15 км, а ширина - 1,5 км.

Литоральные (береговые) россыпи формируются вдоль береговых линий силой прибоя, прибрежных течений, а также за счет выноса материала реками. В частности *дельтовые* россыпи приурочены к дельтам рек и лагунам. Они образуются в результате выноса водным потоком и отложения в дельте (лагуне) обломочного материала. Мощность отложений может достигать многих десятков метров.

Прибрежно-морские и *прибрежно-озерные* россыпи образуются в результате преобразования дельтовой россыпи в прибрежную под действием разрушающей силы морских волн, течений, приливов и отливов, разрушения коренного месторождения (расположенного в сфере деятельности моря) или более древнего россыпного. Современные прибрежные россыпи залегают на уровне моря (*пляжевые*) или несколько ниже его (*шельфовые*). Более древние россыпи могут быть террасовыми, если уровень моря понизился, или погребенными, если уровень моря повысился.

Морские и *озерные* россыпи образуются в полосе морского шельфа или на дне озер. В большинстве случаев они вытянуты вдоль берега, имеют малую мощность и, как правило, значительную протяженность. Содержание полезных компонентов в этих россыпях невысокое, однако, крупные их размеры обуславливают значительные запасы ценных минералов в них. По своей значимости морские (особенно шельфовые) россыпи занимают второе место после аллювиальных.

Гляциальные (ледниковые) россыпи образуются путем переноса и накопления обломочного материала сползающими с гор ледниками. Россыпи этого типа характеризуются плохой отсортированностью материала и наличием глыб и валунов.

Эоловые (дюнные) россыпи образуются в результате переноса элювиальных отложений силой ветра. Наиболее часто эоловые россыпи образуются вдоль морских побережий и в сухих пустынях.

По условиям образования различают россыпи ближнего сноса, россыпи водного потока и россыпи крупных водоемов.

По форме залежей различают россыпи: *плащеобразные*, *шнурковые* и *гнездовые*.

1.4. Производственная характеристика россыпей

При выборе способа разработки россыпи большое значение имеет ее производственная характеристика, которая включает в себя сведения о водоносности, физическом состоянии отложений, добываемости, промывистости и валунистости песков, устойчивости кровли и характере плотика.

Степень *водоносности* россыпи чаще всего оценивают по коэффициенту водообильности, равному отношению притока воды к 1 м³ добываемых песков (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Классификация россыпей по водообильности

Тип россыпи	Коэффициент водообильности, м ³ /м ³
Сухие талые и мерзлые без таликов	0
Маловодоносные	До 5
Средневодоносные	5 - 20
Водоносные	20 - 60
Очень водоносные	Более 60

Различают три типа физического состояния отложений россыпей: *водные талики*, *безводные (сухие) талики* и *мерзлые отложения*.

Мерзлые галечники без мелкого связывающего материала (легко рассыпающиеся) называют *сушенцами*. Они или отложились в таком состоянии, или образовались позже в результате вымывания из галечников мелких частиц водами, циркулирующими в толще этих образований.

Под *добываемостью* талых песков следует понимать их относительную сопротивляемость разрушению при добыче. В зависимости от литологического состава и связности наносных отложений россыпей, а также особенностей добычи песков различают пять классов добываемости песков (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Классификация талых песков по добываемости

Классы	Характеристика наносных отложений россыпей	Особенности добычи песков
I	Средне- и крупнозернистые кварцевые и полевошпатовые несвязные пески с небольшой примесью галечника и щебня; несвязные песчано-галечные грунты	Без применения БВР
II	Галечники, связанные суглинком; песчаноилистые грунты с галькой и щебнем; суглинки с галькой и щебнем	То же
III	Песчано-галечные или малосвязные грунты с мелкими валунами, суглинки с галькой и щебнем; вниз по забоям грунт может переходить в мелкий угловатый материал	Ручное кайление с применением БВР по низам от 0,6 до 1,0 п.м шпура на 1 м ³ песков
IV	Галечно-глинистые и песчано-глинистые грунты со значительным количеством (до 50 %) средних и крупных (до 60 см и выше) валунов и плит; в нижней половине забоя грунт переходит в грубообломочный угловатый материал, сцементированный вязкими сырыми глинами	То же, но от 1,0 до 1,3 п.м шпура на 1 м ³ песков
V	Породы IV класса при наличии более 50 % крупных валунов	Отбойные молотки с применением БВР от 1,3 до 1,8 п.м шпуров на 1 м ³ песков

Под *промывистостью* песков понимают их способность размокать в потоке воды до полного освобождения полезных компонентов от примесей. Классификация песков по промывистости приведена в табл. 1.4.

Валунистость песков определяется процентным содержанием (по объему) в них валунов (окатанных обломков коренных пород диаметром более 20 см). Различают три типа песков по валунистости (табл. 1.5).

Таблица 1.4

Классификация песков по промывистости

Количественные показатели промывистости песков	Типы песков по промывистости			
	легко	средне	трудно	весьма трудно
	п р о м ы в и с т ы е			
Число пластичности	2 - 3	3 - 7	7 - 15	> 15
Время промывки, мин	До 3	3 - 6	6	-
Глубина погружения конуса, мм	8 - 10	6 - 8	3 - 6	< 3
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	До 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
Число промывистости	До 24	24 - 44	44 - 50	> 50
Время размокания, ч	До 5	5 - 8	8 - 11	> 11
Отношение количества глины к пескам	1:50	1:(20-50)	1:(8 - 20)	1:(2 - 8)
Выход глинистых и шламовых фракций (-0,1 мм), %	До 10	10 - 15	15 - 20	> 20
Предельное напряжение сдвига, Н/см ²	До 4	4 - 16	16 - 75	> 75

Таблица 1.5

Типы песков по валунистости

Типы песков по валунистости	Содержание валунов в песках, %
Слабовалунистые	До 10 - 15
Валунистые	15 - 25
Сильновалунистые	Более 25

Под *устойчивостью* обнажения кровли понимают способность горных пород кровли сохранять равновесие без образования вывалов. Классификации кровель по устойчивости приведены в табл. 1.6 (для талых россыпей) и в табл. 1.7 (для вечномерзлых россыпей).

Таблица 1.6

Классификация кровель талых россыпей по устойчивости

Классы устойчивости талых пород	Характер поведения пород в период производства горных работ
Устойчивые	Позволяют подбирать верха не менее чем на 3 верхняка и держать на фальшивочных ломах и скобах без вспомогательных распорок до 3-х верхняков; кровля обрушается в течение нескольких часов и даже смен
Слабоустойчивые	Допускают в сухом состоянии подборку под 1 - 2 верхняка с немедленным их навешиванием; на фальшивках без распорок разрешается иметь не более двух верхняков
Неустойчивые	Требуют применения забивной крепи с постоянной рамой; при большом притоке воды сверху обязательна тщательная маскировка кровли

Плотик россыпи очень редко представляет собой ровную поверхность. Различают следующие разновидности плотиков: *рыхлый (мягкий)*, *крупноглыбовый*, *скальный* и *карстовый*.

Для *рыхлого* плотика характерна ровная дресвяная или глинистая поверхность; для *крупноглыбового* плотика характерны трещины, заполненные песчано-глинистым материалом с ценными минералами; для *скального* плотика характерна более или менее ровная поверхность; для *карстового* плотика характерны крупные неровности поверхности с перепадами

дами, достигающими десятков метров.

Таблица 1.7

Классификация кровель многолетнемерзлых россыпей по устойчивости

Категории (классы) устойчивости пород кровли	С и с т е м ы р а з р а б о т к и				
	камерная				сплошная
	горнотехнические показатели		параметры обнажения кровли в очистном пространстве		
	Предельно устойчивый пролет ка- меры, м	Допустимая деформация междукамер- ного целика, мм	Площадь обнажения, тыс.м ²	Время устойчивого состояния, мес.	Максималь- ная площадь обнажения, тыс. м ²
I Высокоустойчивая	20 – 40	250	3 – 4	> 9	7,5 – 10
II УСТОЙЧИВАЯ	20 – 30	250	3 – 3	5 – 9	5 – 7,5
III Среднеустойчивая	10 – 20	150	1 – 2	2 – 5	2,5 – 5
IV Малоустойчивая	5 – 10	100	0,5 – 1	< 2	< 2,5
V НЕУСТОЙЧИВАЯ	< 5	50	< 0,5	1 смена - несколько суток	

По технологическим признакам россыпи классифицируют по ширине, глубине залегания и мощности.

По ширине различают россыпи: *очень узкие* (до 20 м), *узкие* (20 - 50 м), *средние* (50 - 150 м), *широкие* (150 - 500 м) и *очень широкие* (более 500 м).

По глубине залегания различают россыпи: *мелкие* (до 3-х м), *очень неглубокие* (3 - 6 м), *неглубокие* (6 - 12 м), *средней глубины* (12 - 20 м), *глубокие* (20 - 50 м) и *очень глубокие* (более 50 м).

По мощности различают пески: *небольшой мощности* (до 1,2 м), *средней мощности* (1,2 – 2 м), *большой* (2 - 3 м) и *весьма большой мощности* (более 3-х м).

2. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ РОССЫПЕЙ

2.1. Общие сведения

Россыпи разрабатываются открытым и подземным способами. При этом в зависимости от типа горных машин, используемых для выемки и транспортирования песков, различают *дражный, скреперно-бульдозерный, гидромеханизированный и экскаваторный* способы открытой разработки россыпей.

При подземной разработке россыпей различают следующие способы: с использованием малогабаритного (в основном переносного) оборудования, с использованием самоходного оборудования, гидромеханизированный, бесшахтный и др.

В табл. 2.1 приведены технико-экономические показатели разработки россыпей различными способами.

Таблица 2.1

Технико-экономические показатели разработки россыпей

Показатели	Способы разработки*			
	1	2 и 3	4	5
Удельный вес объемов добычи и промывки продуктивных пород, %	100	23	8	4
Среднее содержание ценного компонента в 1 м ³ песков, усл. ед.	1	5,5	1,2	29,8
Сменная производительность труда рабочего по горной массе, %	100	67,2	30,4	2,6
Годовая производительность труда трудящегося по намыву металла, %	100	70,1	35,8	50,7
Затраты на разработку 1 м ³ песков, усл. ед.	1	6,4	1,8	13,6

* 1 - дражный, 2 - бульдозерно-скреперный, 3 - экскаваторный,
4 - гидромеханизированный, 5 - подземный

2.2. Разработка россыпей открытым способом

Дражный способ целесообразно применять для разработки преимущественно обводненных континентальных и прибрежно-морских россыпей (глубиной до 60 м), представленных породами любой крепости и состава. Исключения составляют весьма валунистые, крепко сцементированные породы и вязкие глины. Многолетнемерзлые россыпи могут разрабатываться драгами после предварительного их оттаивания.

Бульдозерно-скреперный способ наиболее распространен на Колыме и в Якутии, где россыпи залегают в вечной мерзлоте. Данный способ целесообразно применять для разработки россыпей с ограниченными запасами при глубине россыпи до 9 - 12 м. Бульдозерно-скреперный способ на талых россыпях используют на вскрышных и добычных работах только на сухих и маловодных месторождениях при глубине залегания пласта до 4 - 8 м и при малых запасах шахтного поля (500 - 1000 тыс. м³).

Экскаваторный способ применяют для разработки талых и мерзлых россыпей с запасами, позволяющими использовать добычное оборудование в течение 7 - 15 лет. При этом талые россыпи должны быть безводными или маловодными и иметь глубину не более 40 м. Мерзлые россыпи глубиной до 12 м должны быть предварительно оттаяны или разрыхлены буровзрывным способом.

Гидромеханизированный способ применяют для разработки в основном талых россыпей глубиной до 25 м с ограниченным притоком подземных и поверхностных вод и при наличии водных источников, которые позволяют организовать водоснабжение. Высокие показатели размыва достигаются в породах, представленных песками, супесями и суглинками.

ми. Более крепкие породы целесообразно предварительно рыхлить. Многолетняя мерзлота усложняет технологию добычи, однако при слоевом размыве по мере оттаивания затраты на добычу увеличиваются незначительно.

2.3. Подземная разработка россыпей

Подземная разработка россыпей во многих случаях связана с большими трудностями, чем подземная разработка рудных месторождений. Это объясняется небольшой мощностью пласта песков (обычно 0,5 - 3 м) при горизонтальном его залегании. Поэтому прииски имеют шахтные поля ограниченных размеров, а, следовательно, и небольшие сроки существования. В этих условиях невозможно обеспечить на горных работах такую же степень комфорта, которая обеспечивается на крупных рудниках. Подземным способом в настоящее время разрабатываются в основном многолетнемерзлые россыпи и гораздо реже талые.

С учетом современного состояния техники и технологии подземный способ разработки россыпей целесообразно применять в следующих условиях:

- для талых россыпей - при глубине их залегания более 20 м, причём, если возможны альтернативные способы разработки, целесообразность подземного способа необходимо подтвердить технико-экономическими расчетами;
- для многолетнемерзлых россыпей – при глубине их залегания более 15 м.

Однако и здесь нельзя руководствоваться только глубиной залегания. Необходимо пользоваться следующим правилом. В тех случаях, когда глубина залегания россыпи не превышает 12 м, подземная разработка может применяться только тогда, когда применение других способов невозможно или сильно затруднено:

- рельефом местности, который не дает возможности производить выкладку отвалов торфов при вскрышных работах;
- малой промышленной шириной россыпи (10 - 20 м), когда резко увеличивается коэффициент вскрыши;
- глубоким проникновением золота в трещины коренных пород, когда применение специальных методов рыхления значительно повысит стоимость открытой разработки;
- невозможностью проведения осушительных работ при сильно обводненной поверхности;
- особенностями климата, связанными с очень коротким летом и неблагоприятной для открытых работ погодой.

Для россыпей глубиной 12 - 25 м выбор способа их разработки должно производиться на основе тщательного технико-экономического расчета. При экономической равноценности способов предпочтение должно отдаваться открытой разработке. Только при глубине залегания более 5 м многолетнемерзлую россыпь можно разрабатывать подземным способом без технико-экономических расчетов.

Существенным преимуществом подземного способа разработки россыпей по сравнению с открытым является то, что он обеспечивает меньшие нарушения природных условий, минимальное разубоживание и перемещение меньших объемов горной массы. Это может иметь решающее значение для тех регионов, где в широких масштабах ведутся сельскохозяйственные работы, строительство и др.

При предварительном выборе способа разработки многолетнемерзлых россыпей можно пользоваться табл. 2.2, где условия их залегания разделены на три группы.

При наличии условий, которые одновременно могут быть отнесены ко II и III группам, необходимо тщательное проектирование горных работ с детальной проработкой вопросов безопасности труда.

Сочетание условий I и III групп свидетельствует о нецелесообразности подземной разработки в настоящее время. Сочетание условий I и II групп свидетельствует вообще о неприменимости подземной разработки в данных условиях.

Таблица 2.2

Условия залегания многолетнемерзлых россыпей

У с л о в и я:		
полностью исключают возможность или целесо- образность применения	ограничивающие или затрудняющие применение	благоприятные для применения
подземной разработки россыпей		
I группа	II группа	III группа
Глубина залегания менее 5 м; талое состояние сла- гающих россыпь пород; россыпь сложена сушен- цовыми образованиями или имеет мощные про- слои сушенцов; пласт пес- ков отсутствует, а ценный компонент распределен по всей толще рыхлых отло- жений	Глубина залегания 5 - 8 м; температура мерз- лых пород выше -2°C ; наличие прослоев или включений талых и су- шенцовых образова- ний; пласт песков име- ет большие раздувы и пережимы; плотик рос- сыпи весьма неровный и имеет значительные сбросы и подъемы	Глубина залегания 15 - 20 м и более; устойчивые и весьма устойчивые поро- ды кровли, допускающие большие пло- щади обнажения; пласт песков четко выражен и не имеет значительных раз- дувов; суровый климат, затрудняющий зимой производство открытых работ; размеры россыпи позволяют свободно выбирать размеры шахтных полей; зна- чительная часть пласта песков распо- ложена в крепких коренных породах; необходимость сохранения рельефа по- верхности земли

Для талых россыпей трудно назвать условия, которые в полной мере благоприятство-
вали бы применению подземного способа. К наиболее благоприятным условиям можно от-
нести глубину залегания россыпи более 30 м, малую обводненность и наличие глинистых
пород.

2.4. Особенности подземной разработки талых и многолетнемерзлых россыпей

Между подземной разработкой талых и многолетнемерзлых россыпей имеются прин-
ципиальные различия.

Для разработки талых россыпей характерно:

- недостаточная устойчивость вмещающих пород и песков, вызывающая необходимость применения систем разработки, допускающих незначительные обнажения кровли (а, сле-
довательно, малопродуктивных);
- необходимость осуществления мероприятий по осушению россыпи и шахтному водоотли-
ву;
- возможность отбойки песков и пустых пород без применения буровзрывных работ или же
с частичным их применением;
- неблагоприятные условия для механизации основных и вспомогательных технологических
процессов; целесообразность разработки россыпи снизу вверх, сбивая между собой все
шахтные поля, что позволяет создать единую систему осушения для всей россыпи.

Для разработки многолетнемерзлых россыпей характерно:

- высокая устойчивость вмещающих пород и песков, обеспечивающая возможность приме-
нения высокопроизводительных систем разработки (с открытым очистным забоем и ма-
лым объемом работ по креплению);
- применение только буровзрывных способов отбойки песков и пустых пород;
- зависимость устойчивости вмещающих пород от их температуры (при температуре выше -3°C их устойчивость снижается);
- отсутствие необходимости в водоотливе (при условии работы шахты в зимний период);

- силикозоопасность забоев.

В связи с более благоприятными условиями производительность труда при подземной разработке многолетнемерзлых россыпей в среднем в 10 раз выше, чем при подземной разработке талых россыпей. Значительно шире и перспективы совершенствования техники и технологии подземной разработки многолетнемерзлых россыпей.

Кроме талых и многолетнемерзлых россыпей встречаются и их промежуточные формы. Обычно это россыпи в районах распространения многолетнемерзлых пород вблизи русел крупных рек и так называемой "вялой" мерзлотой (с температурой выше -2°C). Породы в этом случае становятся пластичными, а разработка таких участков усложняется.

3. ОСУШЕНИЕ РОССЫПЕЙ

3.1. Общие сведения

При подземной разработке талых россыпей их осушению необходимо уделять особое внимание. На плохо осушенных россыпях увеличиваются объемы работ по креплению выработок, усложняются горные работы, снижается производительность труда рабочих и горных машин и повышается себестоимость добычи.

Источниками обводненности россыпи могут быть как поверхностные, так и подземные (грунтовые) воды. Поверхностные воды при хорошей фильтрующей способности горных пород легко проникают в подземные выработки. Поэтому работы по осушению россыпи разделяют на два вида: отвод поверхностных вод и отвод подземных вод.

3.2. Отвод поверхностных вод

Поверхностные воды отводят с помощью канав, которые в данном случае и являются выработками осушения. Различают *руслоотводные*, *нагорные* и *водоотводные* канавы.

Руслоотводную канаву проходят для отвода русла реки или ручья, если они находятся в непосредственной близости от шахтного поля. Для отвода вод, которые могут поступать с прилегающих склонов в периоды ливневых дождей или таяния снега, проходят *нагорные* канавы. Вокруг устьев выработок, выходящих на дневную поверхность, проходят *водоотводные* канавы. Все канавы должны отводить воду за пределы шахтного поля.

Наименьшее допускаемое расстояние от канавы до границы шахтного поля (рис. 3.1), исключающее возможность фильтрации в него воды из канавы, определяется по формуле

$$L = \lambda H_p, \text{ м}, \quad (3.1)$$

где λ - коэффициент, учитывающий водопроницаемость пород, угол залегания напластований, способ управления кровлей и тип крепления; H_p - глубина залегания россыпи, м.

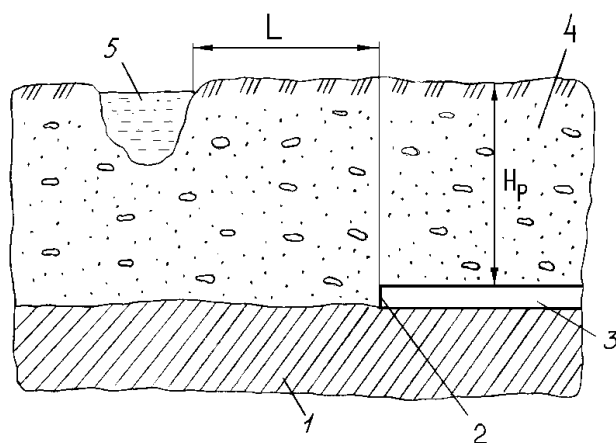


Рис. 3.1. Схема к определению допускаемого расстояния от канавы до границы шахтного поля:

- 1 - плотик россыпи;
- 2 - граница шахтного поля;
- 3 - подземная выработка;
- 4 - торфа;
- 5 - водоотводная канава

Правила технической эксплуатации предусматривают следующие значения коэффициента λ . Для глинистых и глинисто-галечных слабофильтрующих рыхлых отложений при закладке выработанного пространства $\lambda = 0,8 - 1$. Для хорошо фильтрующих пород (песчано-галечные или галечные отложения) при закладке выработанного пространства $\lambda = 1,5 - 1,8$.

При большом уклоне канав их необходимо укреплять деревянным креплением. В водопроницаемых породах, а также в случае необходимости отвода вод при их больших расходах (более $30 \text{ м}^3/\text{с}$) более эффективны так называемые *сплотки* - лотки из досок, укрепля-

емых внутри рам из круглого леса. Сплотки могут сооружаться на почве, сваях и эстакадах.

При проведении руслоотводного канала по склону долины могут сооружать так называемые *быстроходы* - лотки с большим уклоном и расходом воды до 300 м³/с.

Для переброски воды из канав (сплотов) с одного склона на другой склон узких долин или при сильно заболоченных склонах устраивают так называемые *дюкеры* - напорные трубопроводы. В этом случае разница уровней воды в канавах по обе стороны долины должна превышать потери напора в трубопроводе дюкера.

Для подъема уровня воды в русле реки с целью направления ее в руслоотводные каналы или сплотки сооружают *подпорные плотины*.

В зависимости от местных условий плотины могут быть *земляные, камерно-набросные, свайные* и *ряжевые*. Последние применяют при больших расходах воды и длительном их существовании и представляют собой деревянные колодцы, заполненные мелким камнем.

3.3. Отвод подземных вод

Величина водопритока в подземные выработки зависит от характера питания водоносных горизонтов, водопроницаемости пород и ее изменения в вертикальном и горизонтальном направлениях, конфигурации выработок, изменения режима подземных и поверхностных вод, продвижения выработок во времени и др. Ориентировочно приток воды в подземные выработки можно определить по следующей формуле:

$$Q = K_{\phi} J F, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (3.2)$$

где K_{ϕ} - коэффициент фильтрации (водопроницаемости) водоносного пласта, м/сут; J - гидравлический градиент; F - площадь поперечного сечения водоносного горизонта, м².

Фильтрационные свойства пород характеризуются двумя показателями - коэффициентом фильтрации и коэффициентом проницаемости. Классификация пород по проницаемости приведена в табл. 3.1.

Существуют различные способы отвода подземных вод на земную поверхность. Дренаж россыпи достигается при помощи сети подземных выработок, собирающих воду, а отвод этой воды может быть осуществлен самотеком через водосливную выработку и капитальную канаву или с помощью наносных станций, сооружаемых возле подземного водосборника. В последнем случае необходимость в капитальной канаве отпадает.

Осушение пласта песков на россыпях может осуществляться следующими основными способами:

- дренаж в подготовительные выработки, пройденные для подготовки пласта к очистной выемке;
- дренаж в опережающую осушающую продольную выработку в плотике;
- дренаж в осушающую продольную выработку в плотике, пройденную до начала работ по вскрытию шахтного поля.

Осушать пласт песков следует до тех пор, пока вода, просачивающаяся из боковых стенок выработок, не будет выносить мелкий песок. Способ осушения пласта песков выбирается в зависимости от степени водоносности россыпи (табл. 3.2).

Осушение с помощью пластовых выработок применяют на россыпях малой и средней водоносности, когда коэффициент водообильности не превышает 10 м³/м³. В этом случае возле ствола шахты устраивают водосборник, а главный продольный (пройденный по длине россыпи) штрек с водоотливной канавкой проходят по тальвегу россыпи.

Вода из пласта самотеком стекает по просечкам (поперечным штрекам), пройденным с уклоном в сторону продольного штрека. Подготовительные выработки опережают очистные на несколько месяцев, поэтому к началу очистных работ обычно пласт оказывается осушенным в достаточной степени.

Таблица 3.1

Классификация пород по проницаемости

Классы	ПОРОДЫ	Коэффициенты	
		фильтрации, м/с, K_f	проницаемости, m^2 , $K_{пр}$
Очень хорошо проницаемые	Крупные галечники и гравий, чистые или частично заполненные крупнозернистым песком; сильно закарстованные известняки; сильно трещиноватые породы	$1,2 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-2}$ и более	$1,2 \cdot 10^{-10} - 1,2 \cdot 10^{-9}$ и более
Хорошо проницаемые	Галечники и гравий, заполненные крупнозернистым песком; крупно- и среднезернистые пески; трещиноватые породы	$1,2 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-10} - 1,2 \cdot 10^{-11}$
Проницаемые	Галечники и гравий, заполненные мелкозернистыми и глинистыми песками, средне- и мелкозернистые пески, малотрещиноватые породы	$1,2 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-11} - 1,2 \cdot 10^{-12}$
Слабо проницаемые	Мелкозернистые пески, супеси, песчаники с глинистым цементом, слаботрещиноватые породы	$1,2 \cdot 10^{-5} - 1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-12} - 1,2 \cdot 10^{-3}$
Весьма слабо проницаемые	Суглинки, песчаные глины, глинистые сланцы, слаботрещиноватые породы	$1,2 \cdot 10^{-6} - 1,2 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-13} - 1,2 \cdot 10^{-15}$
Почти непроницаемые	Плотные глины, мергели, аргиллиты, массивные породы	Менее $1,2 \cdot 10^{-8}$	Менее $1,2 \cdot 10^{-15}$

Таблица 3.2

Способы осушения пласта песков и условия их применения

Способ осушения пласта песков	Условия применения	
	Характеристика россыпи	Коэффициент водообильности, m^3/m^3
Пластовыми подготовительными выработками	Малой и средней водоносности	До 10
Опережающим штреком в плотике	Средней водоносности и водоносные; ровный плотик; малая длина шахтного поля	До 30
Продольным штреком в плотике, пройденным до начала работ по вскрытию шахтного поля	Водоносные и очень водоносные; неровный плотик с западениями; большая длина шахтного поля	Более 30

Осушение с помощью опережающего штрека в плотике (рис. 3.2) применяется на россыпях средней водоносности и водоносных, когда коэффициент водообильности не превышает $30 m^3/m^3$, при ровном плотике и малой длине шахтного поля, когда невозможен выход осушающей выработки из плотика, и при коэффициенте фильтрации менее $25 m/сут.$ ($2,9 \cdot 10^{-4} m/с$).

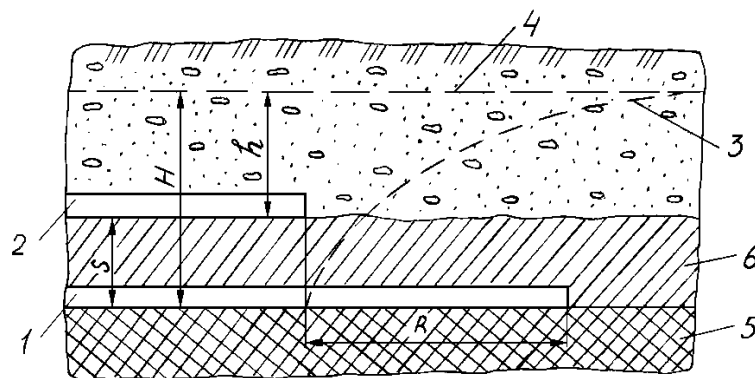


Рис. 3.2. Схема осушения россыпи с помощью опережающего штреха, пройденного в плотике:

1 - штрек в плотике; 2 - пластовый штрек; 3 - границы осушенной зоны; 4 - уровень грунтовых вод; 5 - плотные коренные породы; 6 - трещиноватые коренные породы; S - величина перекрыши; H - мощность водоносного слоя пород (уровень грунтовых вод по отношению к штреху в плотике); h - величина понижения уровня грунтовых вод у забоя пластового штреха; R - опережение штреха в плотике по отношению к пластовому штреху

В этом случае опережающий продольный штрек проводится на глубине 2 - 4 м от поверхности плотика на границе трещиноватых и плотных скальных пород с таким расчетом, чтобы подземные воды из пласта могли просачиваться в него по трещинам.

Опережение R штреха в плотике по отношению к пластовому штреху должно быть не менее 100 - 150 м. Более точно определить опережение штреха можно по формуле Н.Н. Александрова:

$$R = 575 h \sqrt{H K_{\phi}}, \text{ м}, \quad (3.3)$$

где h - величина понижения уровня грунтовых вод у забоя пластового штреха, м; H - мощность водоносного слоя пород, м; K_{ϕ} - коэффициент фильтрации пород, м/с.

Россыпь с глинистым водоупорным слоем в кровле пласта можно осушить с помощью забивных фильтров или путем обрушения глинистого слоя. В последнем случае лучше обрушать кровлю в просечке, проведенной за границей россыпи.

Осушение с помощью продольного штреха в плотике, пройденного до начала работ по вскрытию шахтного поля применяют на водоносных и очень водоносных россыпях, когда коэффициент водообильности превышает 30, при неровном плотике с западениями и при больших шахтных полях. В этом случае водоотливный штрек располагают в ненагруженной толще плотика на глубине 6 - 12 м от его поверхности и несколько смещают в сторону от будущего пластового штреха (рис. 3.3).

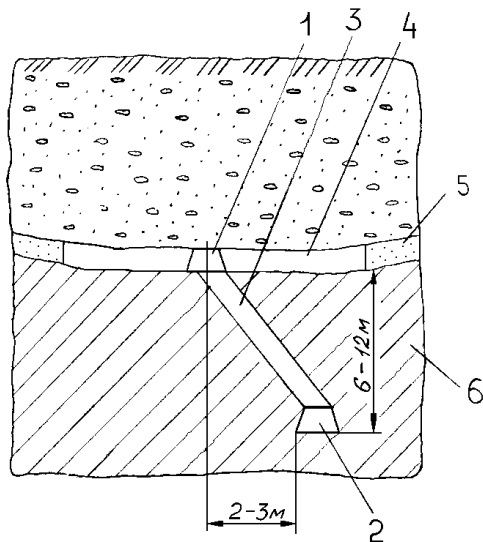


Рис. 3.3. Схема осушения россыпи смещенным водоотливным штрехом в плотике:

1 - пластовый продольный штрек;
2 - водоотливный штрек в плотике;
3 - дренажная сбойка (высечка);
4 - поперечный штрек (просечка);
5 - пласт песков;
6 - коренные породы

Водоотливный штрек соединяется с пластом специальными наклонными сбоями (высечками) для дренажа. Для повышения интенсивности осушения пласта по нему проводят поперечные штреки (просечки), расстояние между которыми принимают в зависимости от необходимой скорости осушения.

Подземные воды при этом способе отводят на поверхность через водоотливную штольню, так как при больших сроках существования водоотливного штрека и большом притоке воды насосный водоотлив обходится дороже.

При разработке вечномерзлых россыпей подземные выработки находятся, как правило, в сухом состоянии и не требуют организации водоотлива. Необходимость в водоотливе может возникнуть только в следующих случаях: поступление воды с поверхности через выработки или трещины в кровле при работе шахт в теплое время года; прорыв межмерзлотных вод; прорыв воды из соседних (смежных) затопленных ранее выработок. Последняя опасность может возникнуть в тех случаях, когда несколько шахтных полей сбиты между собой.

4. ВСКРЫТИЕ РОССЫПЕЙ

4.1. Способы вскрытия

Вскрытием называется проведение выработок, открывающих доступ с дневной поверхности к месторождению и обеспечивающих возможность проведения подготовительных выработок. При разработке рудных и пластовых месторождений вскрывающие выработки являются капитальными. В случае же разработки россыпей, вскрывающие выработки не всегда являются капитальными. Так при разработке многолетнемерзлых россыпей срок существования добычного участка (шахты) может составлять 1 - 2 года. В этом случае вскрывающие выработки проходятся и оборудуются за счет эксплуатационных затрат. В случае же разработки талых россыпей значительных размеров при длительной эксплуатации шахт этот термин (капитальные) может быть применен.

Для россыпных месторождений применяют три способа вскрытия (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Классификация способов вскрытия россыпных месторождений

Способ вскрытия	Расположение вскрывающих выработок	Область применения
Наклонным стволом	В шахтном поле, на границе или за пределами шахтного поля	Россыпи всех типов, преимущественно мерзлые
Вертикальным стволом	То же	Преимущественно талые россыпи всех типов, залегающие на любой глубине; мерзлые россыпи с зонами таликов и сушенцов
Штольней	По оси тальвега долины (долинные россыпи); поперек оси тальвега долины террасовые россыпи или бортовые участки россыпей, отработанных ранее открытым способом	Террасовые и увальные россыпи, перекрытые мощными наносами; бортовые участки россыпи с навалами торфов, основная часть которой отработана открытым способом

Вскрытие наклонным стволом применяется в основном для многолетнемерзлых россыпей глубиной до 120 м. Этим же способом могут вскрываться талые погребенные россыпи глубиной до 50 м.

Угол наклона ствола зависит от типа подъема песков, который в свою очередь выбирается в зависимости от производительности шахты.

Основные параметры наклонных стволов приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Параметры наклонного ствола	Тип подъема песков по наклонному стволу:			
	скиповой	скреперный	конвейерный	автомобильный
Угол наклона ствола, градус	27 - 30	20 - 22	12 - 16	8 - 10
Ширина, м	3,5	3,7	3,7	4,2
Высота, м	2,2	2,0	2,0	3,2
Площадь поперечного сечения, м ²	7,7	7,4	7,4	13,4
Объем открытой части, м ³	170	215	300	955

Поперечное сечение наклонных стволов обычно трапецевидное, что обусловлено применением леса для их крепления. Наклонные стволы имеют два отделения: рабочее и ходовое.

Вскрытие вертикальным стволом применяется в основном для талых и значительно реже вечномерзлых россыпей.

Вертикальным стволом целесообразно вскрывать шахтные поля, когда рыхлые отложения включают таликовые зоны и "сушенцы", затрудняющие проведение наклонного ствола. Поперечное сечение вертикальных стволов обычно квадратное или прямоугольное, что обусловлено применением леса для их крепления. Центральные подъемные стволы обычно имеют квадратное сечение с четырьмя отделениями: два скиповых, клетьевое и лестничное. Вспомогательные стволы чаще имеют прямоугольное сечение с двумя или тремя отделениями: клетьевое, лестничное и отделение для противовеса и трубопроводов.

Вскрытие штольной применяется сравнительно редко. Для данного способа вскрытия необходим соответствующий рельеф поверхности. Обычно штольное вскрытие применяют на террасовых и увальных россыпях, расположенных на возвышенностях.

При разработке многолетнемерзлых россыпей иногда применяется вскрытие штольной из разреза (например, когда россыпь в основном отработана открытым способом, а часть ее уходит под склон долины). Поперечное сечение штолен трапецевидное. Эксплуатационные штольни имеют два отделения, а вспомогательные штольни - одно.

В табл. 4.3 приведена сравнительная характеристика различных способов вскрытия.

Каждое шахтное поле россыпи должно быть вскрыто не менее чем двумя выработками, выходящими на поверхность. Однако при малой ширине россыпи и глубоком ее залегании, для снижения капитальных затрат, вспомогательные стволы могут не проводить, а вентиляция и запасные выходы обеспечиваются двумя смежными эксплуатационными стволами, при условии поддержания выработок, предназначенных для сообщения между шахтами.

При малой глубине залегания россыпи может быть рациональным проведение вспомогательных стволов или шурфов на каждом обособленном участке шахтного поля.

Если условия залегания россыпи допускают применение различных способов вскрытия, то необходимы технико-экономические расчеты для выбора оптимального способа вскрытия. При этом в качестве критерия экономичности способа вскрытия обычно используют удельные затраты:

$$q_{уд} = (Q_{пр} + Q_{стр})/V_{п} + q_{пс}, \text{ руб./м}^3, \quad (4.1)$$

где $Q_{пр}$ - затраты на проходку, крепление и оборудование вскрывающих выработок, руб.; $Q_{стр}$ - затраты на строительство копра, поверхностных сооружений, доставку и монтаж механизмов на поверхности, осушительные работы, руб.; $V_{п}$ - промышленные запасы песков шахтного поля, м^3 ; $q_{пс}$ - затраты на подъем и складирование 1 м^3 песков, руб./ м^3 .

4.2. Схемы вскрытия

Как наклонный, так и вертикальный шахтные стволы при разработке россыпей могут быть расположены в шахтном поле или вне его.

При всех возможных вариантах вскрытия главный ствол располагают на геометрической середине длины шахтного поля, а вспомогательный - вблизи от главного ствола или на флангах шахтного поля.

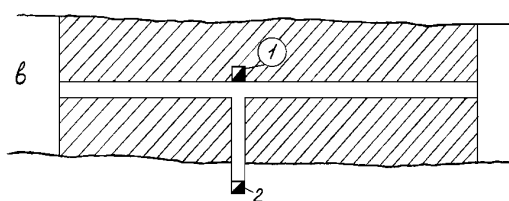
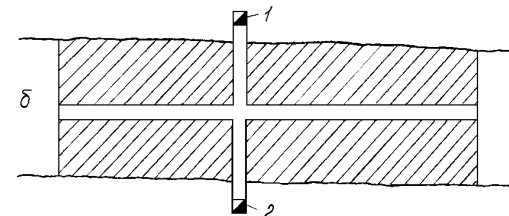
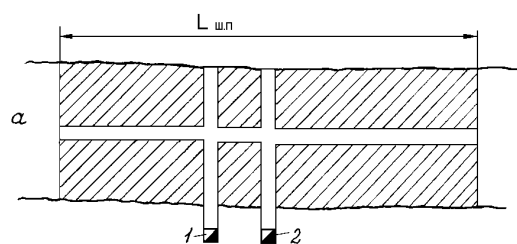
При центральной схеме вскрытия оба ствола находятся в непосредственной близости в центральной части шахтного поля. При этом возможны три основных варианта:

- одностороннее расположение стволов за контуром россыпи;
- разностороннее расположение стволов за контуром россыпи;
- главный ствол располагается в контуре, а вспомогательный ствол - за контуром россыпи (рис. 4.1).

Таблица 4.3

Сравнительная характеристика способов вскрытия

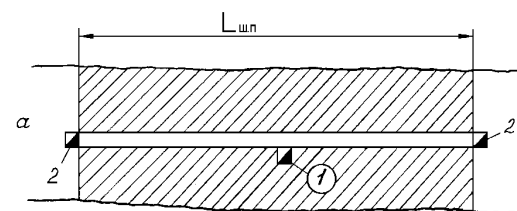
Д о с т о и н с т в а	Н е д о с т а т к и
Вскрытие вертикальным стволом	
Простота проходки в водоносных породах. Меньшие длина ствола и объемы проходческих работ. Возможность заложения в контуре россыпи с небольшим объемом предохранительных целиков.	Отсутствие высокопроизводительных средств механизации работ по проходке ствола с небольшими поперечными размерами. Малая скорость проходки. Большие затраты на проходку. Сложность и дороговизна подъема. Большая трудоемкость доставки леса. Прерывистая выдача песков, что может привести к слеживаемости песков и ухудшению качества промывки (в талых россыпях). Сложность обеспечения безопасности работ при проходке. Необходимость иметь во время эксплуатации громоздкий копер и дополнительные устройства для отвалообразования.
Вскрытие наклонным стволом	
Меньшее поперечное сечение ствола и лучшие ТЭП его проходки. Простая организация и высокая безопасность работ при проходке. Возможность механизации всех трудоемких производственных процессов на проходке. Меньшая трудоемкость крепления по сравнению с вертикальным стволом. Возможность использовать одного типа оборудования для подъема по стволу и отвалу. Значительно меньшая трудоемкость доставки леса и других материалов. Возможность применения конвейера, что позволяет увеличить производительность шахты и улучшить качество промывки песков. Большая допустимая глубина разработки без механической доставки людей.	Значительный объем работ по проходке, который при равной глубине в 2 - 5 раз превышает объем работ при проходке вертикального ствола. Крепление и поддержание ствола в малоустойчивых породах значительно сложнее и дороже, чем в случае вертикального ствола. Необходимость расположения за контуром россыпи, что затруднено в стесненных условиях долинных россыпей.
Отсутствие необходимости сооружения копра. Более простые поверхностные сооружения и небольшие расстояния перемещения песков на поверхности	
Вскрытие штольней	
Большая скорость и невысокая стоимость проходки 1 м выработки. Отсутствие затрат на водоотлив и подъем песков. Хорошие условия для осушения россыпи. Все достоинства вскрытия наклонным стволом.	Возможность применения при уклоне долины не менее 0,01. В случае большой протяженности штольни - значительные расходы на ее поддержание



При фланговой схеме вскрытия главный ствол проходят в центральной части шахтного поля, а вспомогательный ствол - на границе смежных шахтных полей (на флангах). При этом возможны два основных варианта (рис. 4.2): расположение стволов в контуре и за контуром россыпи.

Рис. 4.1. Варианты центральной схемы вскрытия:

- а - односторонняя;
б - разносторонняя;
в - с расположением главного ствола в контуре россыпи, а вспомогательного - за контуром россыпи;
1 - главный ствол;
2 - вспомогательный ствол



Достоинства и недостатки различных схем вскрытия приведены в табл. 4.4.

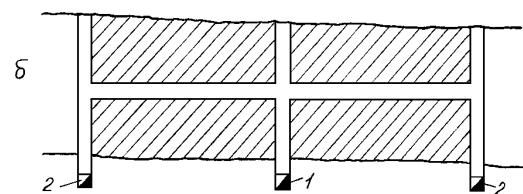


Рис. 4.2. Варианты фланговой схемы вскрытия:

- а - с расположением стволов в контуре россыпи;
б - с расположением стволов за контуром россыпи;
1 - главный ствол;
2 - вспомогательный ствол

Таблица 4.4

Характеристики схем вскрытия

Достоинства	Недостатки
Центральная схема вскрытия	
Компактность поверхностного хозяйства; отсутствие необходимости обязательного поддержания штреков в выработанном пространстве	Неизбежность последовательного проветривания всех забоев в шахтном поле одним воздушным потоком; среднее расстояние доставки лесоматериала несколько больше, чем при фланговой схеме
Фланговая схема вскрытия	
Возможность независимого проветривания каждого крыла шахтного поля через отдельный вспомогательный ствол; снижение среднего расстояния доставки леса при организации лесоспуска через главный и вспомогательный стволы	Разбросанность поверхностного хозяйства; необходимость сохранения одного из штреков до окончания отработки шахтного поля

При выборе места заложения вскрывающей выработки необходимо учитывать следующие условия:

- свойства и состав пород, слагающих россыпь (особенно их обводненность и устойчивость);
- строение, уклон и рельеф плотика, которые не должны затруднять транспортирование песков по выработкам;
- необходимость сохранения поверхностных зданий и сооружений, находящихся в непосредственной близости к шахтному полю;
- рельеф поверхности, влияющий на длину вскрывающей выработки и трудоемкость отвалообразования песков;
- ширину россыпи; удобство и безопасность работ и др.

Окончательный выбор места заложения вскрывающей выработки производят на основе технико-экономических расчетов.

5. ПОДГОТОВКА РОССЫПЕЙ

Подготовка шахтного поля россыпи заключается в проведении комплекса подготовительных и нарезных выработок, обеспечивающих возможность приступить к очистным работам. Подготовка может производиться сразу по всему шахтному полю или затрагивать только отдельные его участки. Последнее более характерно для талых россыпей, так как в этом случае размеры шахтных полей, как правило, достаточно велики. Различают пластовую и полевую подготовку. При подготовке многолетнемерзлых россыпей применяют только пластовую подготовку. Для талых россыпей возможны как полевая, так и пластовая подготовка.

В зависимости от полноты проходки подготовительных и нарезных выработок различают запасы вскрытые, подготовленные и готовые к выемке.

Вскрытыми называются запасы, к которым получен доступ в результате проходки вскрывающих выработок.

Запасы шахтного поля или его участка, на котором пройдены подготовительные выработки, называются *подготовленными*.

Запасы шахтного поля или его участка, на котором пройдены нарезные выработки, называются *готовыми к выемке*.

При подземной разработке россыпей существует также термин "пески, подготовленные к промывке". В этом случае подразумевается, что эти пески могут быть немедленно направлены на промывочную установку или обоганительную фабрику. При разработке многолетнемерзлых россыпей подготовленными к промывке считаются пески, выданные на поверхность и уложенные в плоские отвалы. При разработке талых россыпей, когда промывка производится в течение года, понятия "готовые к выемке" и "подготовленные к промывке" могут совпадать.

Различают четыре основных способа подготовки россыпных месторождений. Классификация способов подготовки и области их применения приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Классификация способов подготовки россыпных месторождений и области их применения

Способ подготовки	Область применения
По плотик	Водоносные и очень водоносные талые россыпи
По пласту с двумя боковыми вентиляционными стволами	Сухие, мало- и средневодоносные талые россыпи
По пласту с временными пограничными вентиляционными шурфами	Мерзлые узкие россыпи глубиной до 20 м при небольших размерах шахтного поля
По пласту с пограничными вентиляционными продольными штреками	Мерзлые широкие россыпи глубиной свыше 20 м

При подготовке по плотике (рис. 5.1) от околоствольного двора, расположенного в устойчивых породах плотика на глубине 6 - 12 м, вдоль продольной оси россыпи проходят главную откаточную выработку - продольный штрек 1, причем его проходят немного выше осушающей продольной выработки 5.

Для перепуска песков через 100 - 130 м проходят восстающие с ходком 2, а от них по пласту просечки (поперечные штреки) 3. От просечки по тальвегу проходят пластовый вспомогательный откаточный продольный штрек 4.

Для ускорения подготовки все пластовые продольные штреки проходят встречными забоями. После начала очистных работ восстающие образуют бункер емкостью до 100 м³.

При подготовке по пласту с двумя боковыми вентиляционными стволами (рис. 5.2) одновременно с центральным главным стволом 1 у нижней и верхней границы шахтного поля проходят два вентиляционных ствола 2, затем по линии тальвега россыпи проходят нижний 3 и верхний 4 главные откаточные продольные штреки.

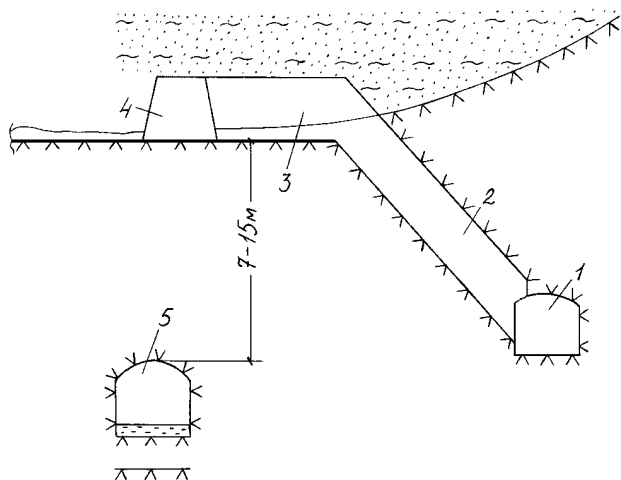
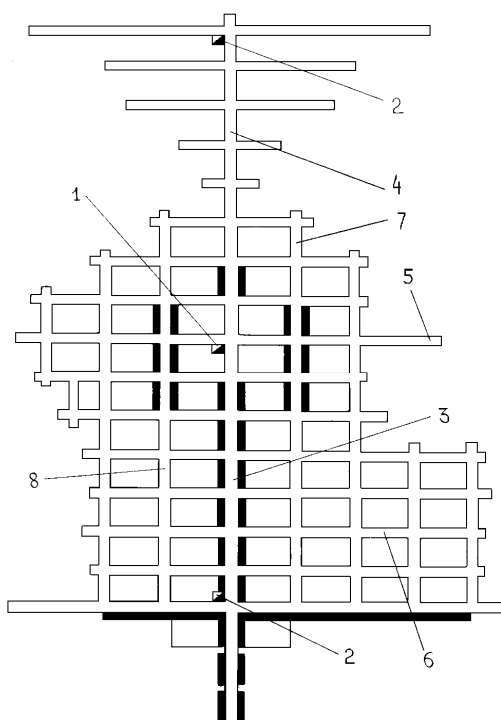


Рис. 5.1. Подготовка россыпи по плотнику:

- 1 - главный полевой продольный штрек;
- 2 - высечка с ходком;
- 3 - просечка;
- 4 - вспомогательный пластовый продольный штрек;
- 5 - осушающая выработка



При незначительном притоке воды их проходят одновременно четырьмя забоями от трех стволов. При значительном притоке воды продольные штреки проходят только по восстанию. Главные продольные штреки сохраняют в течение всего времени отработки шахтного поля.

Рис. 5.2. Подготовка по пласту с двумя боковыми вентиляционными стволами:

- 1 - центральный главный ствол;
- 2 - вентиляционные стволы;
- 3, 4 - нижний и верхний главные откаточные продольные штреки;
- 5, 6 - поперечные штреки;
- 7, 8 - вспомогательные продольные штреки

После начала очистных работ на валунистых россыпях по бокам продольных штреков проходят заходки, в которых возводят каменную лицевую кладку из валунов. Из главных продольных штреков через 10 - 20 м проходят поперечные штреки 5 и 6. Из поперечных штреков проводят вспомогательные продольные штреки 7 и 8, которые используют для доставки леса, проветривания очистных выработок и передвижения людей.

Число вспомогательных продольных штреков зависит от ширины левого и правого крыльев шахтного поля и системы разработки. При этом расстояние между продольными штреками может составлять 8 - 60 м. Для улучшения организации работ продольные и поперечные выработки, расположенные на правом по падению долины крыле, имеют четные номера, а левые - нечетные. Выработки, расположенные выше главного ствола, называют верхними, расположенные ниже - нижними.

При подготовке по пласту с пограничными вентиляционными шурфами (рис. 5.3) от

околоствольного двора через все шахтное поле проходят откаточный продольный 2 или поперечный 6 штрек, а из него рассечки 3.

Вентиляционные шурфы 4 проходят заранее в конце рассечек. Вентиляционные шурфы проходят через каждые 15 - 40 м, оборудуют лестницами и используют для спуска лесоматериалов и как запасной выход.

При подготовке по пласту с пограничными вентиляционными шурфами объем подготовительных работ по пескам значительно снижается, однако увеличивается объем работ по проходке вентиляционных шурфов.

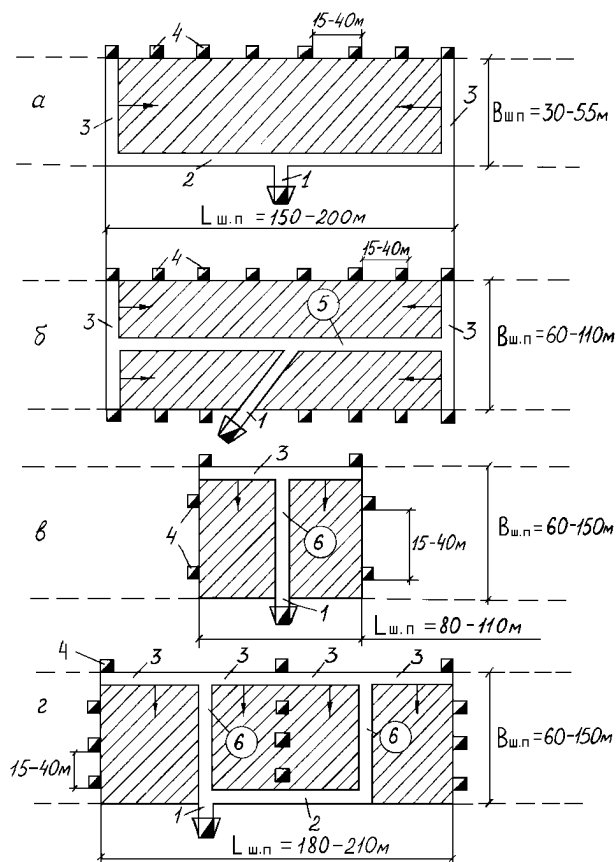


Рис. 5.3. Схемы подготовки по пласту с пограничными вентиляционными шурфами для узких (а) и средней ширины (б - г) россыпей:

- 1 - наклонный ствол;
- 2 - пограничный откаточный продольный штрек;
- 3 - рассечки;
- 4 - пограничные вентиляционные шурфы;
- 5 - откаточный продольный штрек;
- 6 - откаточный поперечный штрек

При подготовке по пласту с пограничными вентиляционными продольными штреками (рис. 5.4) одновременно с главным стволом 1 проходят один или два вентиляционных ствола или шурфа 4, а в отдельных случаях и откаточный поперечный штрек 6. Затем проходят продольные 2 и вентиляционные продольные штреки 5 и рассечки 3.

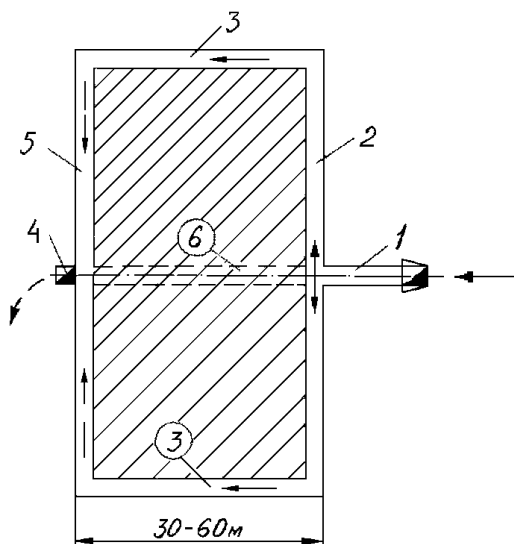


Рис. 5.4. Схема подготовки по пласту с пограничными вентиляционными продольными штреками:

- 1 - главный наклонный ствол;
- 2 - откаточный продольный штрек;
- 3 - рассечки;
- 4 - вентиляционный ствол (шурф);
- 5 - вентиляционный продольный штрек;
- 6 - откаточный поперечный штрек

К началу очистных работ по всей границе шахтного поля должны быть пройдены все подготовительные выработки. Проветривание и доставку материалов производят через вентиляционный ствол (шурф), который служит в течение всего срока отработки шахтного поля или его части. По мере подвигания очистных работ откаточные и вентиляционные штреки

ки погашаются.

При подготовке по пласту с пограничными вентиляционными продольными штреками увеличивается объем подготовительных работ по пескам, но резко сокращается объем работ по проходке вентиляционных шурфов.

При этом способе подготовки обеспечивается надежное проветривание очистных забоев и более безопасный проход людей к запасному выходу. Однако, вместе с тем, этот способ подготовки имеет следующие недостатки: необходимость проведения дополнительного откаточного поперечного штрека для выдачи пород (от проходки вентиляционных штреков) к подъемному стволу; значительный срок подготовки; большие расстояния доставки материалов в очистные выработки.

Шахтные поля больших размеров делят на панели. Панелью называют часть шахтного поля, расположенная по одну сторону от главного штрека и ограниченная транспортным и вентиляционным штреками (при отработке одиночной лавой) или вентиляционными штреками двух спаренных очистных забоев, обслуживаемых одним транспортным (панельным) штреком.

Панельный штрек проводится посередине панели. Панели отделяют друг от друга породными и искусственными целиками или отработывают без разделения. Ширина панели может быть в пределах 20 - 120 м.

Различают однопанельные односторонние, двухпанельные двусторонние и многопанельные односторонние (рис. 5.5) одно- и двухфланговые шахтные поля.

При однофланговом поле транспортирование песков к главному стволу осуществляется с одной стороны. Шахтное поле называется односторонним, если его панели расположены по одну сторону от главного штрека.

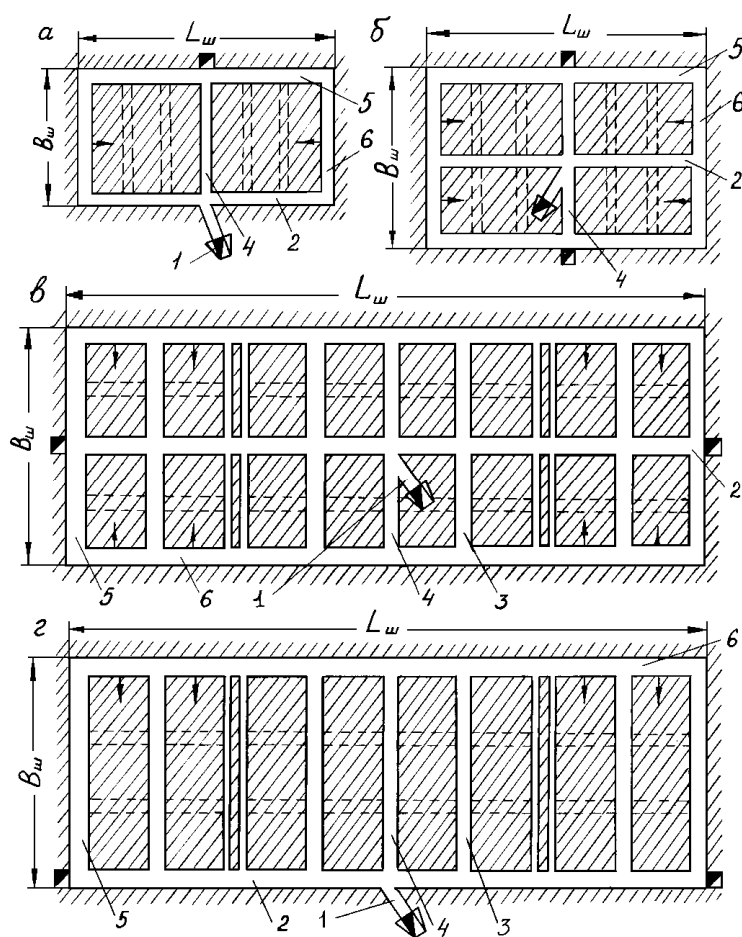


Рис. 5.5. Схемы панельной подготовки шахтных полей:

- а - однопанельная односторонняя;
- б - двухпанельная двусторонняя;
- в - многопанельная двусторонняя;
- г - многопанельная односторонняя;
- 1 - ствол;
- 2 - главный штрек;
- 3 - панельный штрек;
- 4 - центральный штрек;
- 5 - вентиляционный штрек;
- 6 - очистной забой

При разработке россыпей из подготовительных и нарезных выработок добывают 5 - 35 % балансовых запасов песков шахтного поля. Себестоимость добычи песков из этих выработок на 30 - 70 % выше, чем из очистных выработок.

При выборе способа подготовки шахтного поля используют следующие критерии:

- минимальный удельный объем подготовительно-нарезных работ;
- наименьшие затраты труда и средств на транспортирование песков и материалов, провет-

- ривание и перемещение людей, очистные работы;
- минимальные потери песков в целиках, предохраняющих подготовительные выработки.

На мерзлых россыпях в случае радиального подвигания очистных забоев (рис. 7.13) процесс подготовки может вообще отсутствовать. В этом случае после вскрытия шахтного поля сразу проходят рассечки, из которых начинается очистная выемка.

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

6.1. Общие сведения

Технологический процесс - это совокупность рабочих действий, характеризующихся однородностью технологического и организационного содержания, единством объекта труда и применяемыми средствами труда.

Все процессы, входящие в технологию подземной разработки россыпных месторождений, можно классифицировать по признаку объекта труда на *основные* технологические процессы, в которых объектом труда являются пески и вмещающие их породы, и *вспомогательные* технологические процессы, которые обеспечивают возможность нормального функционирования основных процессов.

Технологические процессы очистных работ относятся к основным; они в наибольшей степени определяют особенности технологии подземной разработки россыпных месторождений.

Технологические процессы очистных работ включают в себя *отбойку песков, доставку песков, крепление и управление кровлей*.

6.2. Отбойка песков

Продуктивный пласт россыпных месторождений состоит из двух разнородных по составу частей: *элювиальной* (нижней) и *аллювиальной* (верхней). Элювий (от латинского "вымываю") - это продукты выветривания горных пород, накопившиеся на месте своего образования. Аллювий (от латинского "насос, намыв") - это отложения водных потоков, слагающие русла, поймы и террасы речных долин.

В многолетнемерзлых россыпях обе части продуктивного пласта практически не отличаются по крепости, поэтому отбойка песков в этом случае производится с применением БВР.

В талых россыпях отбойка песков осложняется различием по крепости элювиальной и аллювиальной частей пласта.

Элювиальная часть пласта сложена коренными породами плотика, разрушенными в той или иной степени, но требующими обязательного применения БВР для отбойки.

Пески из аллювиальной части пласта отбиваются различными способами в зависимости от связности наносов, устойчивости кровли и валунистости пласта.

При большой связности наносов и устойчивой кровле и отбойка песков осуществляется с применением БВР. При малоустойчивой кровле и малой связности наносов отбойка песков выполняется ручным кайлением с предварительным рыхлением элювиальной части пласта буровзрывными работами. В тех случаях, когда кровля и верх продуктивного пласта сложены легким песчано-глинистым материалом, возможно применение опережающей подвески верхняков с последующим взрыванием крепких пород средней и нижней частей продуктивного пласта.

Отбойные шпуров бурят колонковыми электросверлами или переносными перфораторами. При мощности пласта менее 2,7 - 3,0 м отбойку песков производят сплошным забоем, при большей мощности пласта - почвоуступным забоем. В последнем случае высоту верхнего подступа принимают равной $\frac{2}{3}$ общей выемочной мощности, причем опережение обеспечивают в пределах 2 - 2,5 м с таким расчетом, чтобы все пески были отброшены на площадку нижнего подступа. Применение почвоуступного забоя дает следующий эффект: упрощение процесса бурения в забое верхнего подступа и повышение эффективности БВР на нижнем подступе (за счет отбойки при двух плоскостях обнажения).

В качестве взрывчатого вещества на россыпях применяют аммонит № 6 ЖВ, детониты,

граммонит и гранулит АС-8. На приисках Северо-Востока России при ведении очистных работ в породах IX-X категории по буримости расход ВВ составляет 1 - 1,1 и 0,9 - 0,95 кг/м³ соответственно при использовании гранулированных и патронированных ВВ.

Потери песков в выработанном пространстве обычно формируются из нижних слоев взорванной горной массы. Следовательно, чем беднее будут эти слои, тем меньше будут потери металла в выработанном пространстве. Поэтому целесообразно первыми взрывать шпуры, расположенные в обедненной (верхней) части пласта с тем, чтобы горная масса этой части укладывалась на почву выработки, создавая своеобразную подстилку, на которую укладываются более богатые пески.

На талых россыпях БВР применяют при наличии сцементированных песков с коэффициентом крепости 1,5 - 3, а также на валунистых песках или песках с включением глыб разрушенного плотика и при необходимости подрабатывать металлоносный плотик.

6.3. Доставка песков

На выбор способа механизации доставки песков в значительной степени влияют способ отбойки песков и конструкция крепи в очистном забое, которые резко отличаются на многолетнемерзлых и талых россыпях.

На многолетнемерзлых россыпях отбойка песков осуществляется буровзрывными работами с большим разбросом песков. При этом вся отбитая горная масса выдается на поверхность без отделения крупных скальных обломков и валунов. Устойчивость кровли позволяет оставлять вдоль забоя достаточно широкую полосу незакрепленного очистного пространства, в котором лимитирующим фактором для работы доставочных механизмов может быть только ограниченная высота выработки.

С учетом вышеперечисленных факторов на многолетнемерзлых россыпях для доставки песков применяют скреперные установки, в том числе самоходные, электробульдозеры и погрузочно-транспортные машины.

Доставка песков скреперными установками получила наибольшее распространение из-за относительной их простоты и небольших затрат на их монтаж-демонтаж. Конструкция и емкость скреперных ковшей зависят от высоты очистного пространства, расстояния доставки и необходимой производительности скреперной установки. При выемочной мощности пласта более 1,8 м применяют скреперные ковши ящичной конструкции. На пластах мощностью менее 1,8 м используют шарнирные ковши, у которых задняя стенка имеет шарнирное соединение с боковыми стенками, за счет чего уменьшается высота ковша при его холостом ходе.

При выемочной мощности пласта более 1,8 м для доставки песков из длинных очистных забоев (лав) могут применяться подземные электробульдозеры. При этом горная масса не должна содержать крупных кусков и глыб. Разработку навала горной массы в лаве электробульдозером начинают с разброса, т.е. там, где бульдозер может свободно пройти вдоль лавы. Затем электробульдозер углубляется в навал, постепенно подрезая его одной из сторон отвала.

На талых россыпях отбойка песков производится главным образом ручным кайлением. При этом все скальные обломки и валуны отделяются и удаляются в закладку. Горная масса при отбойке талых россыпей отличается большой неоднородностью и состоит из песка, глины, гальки, гравия, битого камня и крупных валунов. Битый камень придает горной массе значительную абразивность; наличие глины обуславливает ее способность к слеживанию и налипанию. Малая устойчивость кровли на талых россыпях обуславливает необходимость расположения крепи непосредственно у очистного забоя, что в значительной мере затрудняет механизированную доставку песков.

Рельеф плотика на талых россыпях в большинстве случаев бывает неровным, с наличием борозд, ям, склонов и подъемов. Неровность рельефа плотика затрудняет работу до-

ставочных механизмов.

В зависимости от горно-геологических условий доставка песков на талых россыпях может осуществляться с помощью скреперных установок или малогабаритных погрузочно-транспортных машин.

Скреперная доставка песков возможна при устойчивой кровле, допускающей незакрепленные обнажения кровли у забоя шириной 0,8 - 1,0 м и маловалунистых песках, не требующих отсортировки крупного материала.

6.4. Крепление очистных забоев

На мерзлых россыпях породы кровли пласта представляют собой сплошной устойчивый монолит, перекрывающий горные выработки в виде плиты, опирающейся своими краями на целики.

Из общего монолита выделяется непосредственная кровля (залегающая непосредственно над пластом песка), целостность и связь которой с общим монолитом нарушается при ведении очистных работ, в связи с чем она отслаивается в виде "заколов" и "коржей" площадью от нескольких квадратных метров до 250 м².

Крепление в лавах предназначено, в первую очередь, для поддержания заколов и отслоений непосредственной кровли. Кроме этого забойная крепь должна иметь податливость, соответствующую величине максимального опускания основной кровли в призабойном пространстве, так как в противном случае она будет испытывать полное давление всей опускающейся массы мерзлого монолита.

Поддержание кровли в призабойном пространстве осуществляется тремя видами крепи: *основной, вспомогательной и специальной.*

Основная призабойная крепь предназначена для предохранения опускающейся непосредственной кровли от расслоения и заколообразования и выполняется параллельными рядами стоек или кустовой крепи.

Крепление стойками (деревянными или раздвижными металлическими) получило наибольшее распространение. Выполняется оно рядами, параллельными линии забоя. В направлении, перпендикулярном линии забоя, стойки могут располагаться правильными рядами или в шахматном порядке (рис. 6.1).

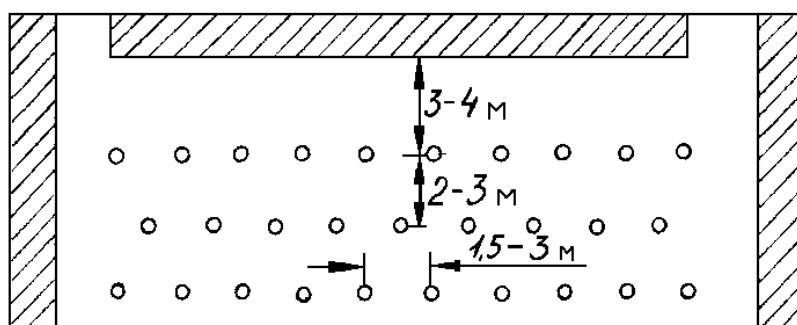


Рис. 6.1. Крепление стойками очистного забоя на мерзлых россыпях

Расстояние от забоя до первого ряда стоек в зависимости от устойчивости кровли и габаритов доставочных механизмов принимается в пределах 3 - 4 м расстояние между рядами 2 - 3 м, между стойками в рядах - 1,5 - 3 м.

Иногда часть стоек в рядах заменяют *кустовой крепью*. Куст включает в себя 4 - 9 и более стоек, устанавливаемых одна возле другой на расстоянии 100 - 200 мм. Наличие кустов стоек, увеличивая общую несущую способность крепи, позволяет увеличить параметры сетки крепления до следующих значений: расстояние от забоя до первого ряда крепи - 4 - 5

м, между рядами - до 3 м, между стойками и кустами в ряду - 2 - 3 м.

Вспомогательная призабойная крепь предназначена для поддержания заколов в лаве и возводится по мере необходимости. В качестве вспомогательной крепи применяют стойки и штанговую крепь.

Специальная крепь предназначена для усиления основной крепи в случаях интенсивного оседания кровли, образования значительных по площади отслоений, а также при управлении кровлей обрушением. В качестве специальной крепи обычно применяют костровую и органную крепь.

Костровая крепь (костёр) представляет собой конструкцию в форме квадратной, прямоугольной или треугольной клетки, сложенную из обрезков крепежного леса. Костры отличаются большой податливостью и, усиливая основную призабойную крепь, предохраняют кровлю рабочего пространства лавы от распространения заколов при оседании основной кровли в погашаемом выработанном пространстве.

Органная крепь состоит из сплошного ряда стоек, установленного параллельно забою, и может быть однорядной, двухрядной или трехрядной. Иногда стойки устанавливают "кустами", чем достигается увеличение общей несущей способности крепи и ее устойчивости при боковых подвижках кровли. Такое крепление называется органно-кустовым. Органная крепь в отличие от костров является жесткой и не дает осадки, вследствие чего применяется при управлении кровлей обрушением.

На талых россыпях вследствие низкой устойчивости пород кровли пласта очистные забои крепят со сплошной затяжкой кровли, причем подвеска верхняков предшествует общему продвижению забоя, а не следует за ним, как это, обычно, бывает при устойчивой кровле на многолетнемерзлых россыпях или угольных месторождениях. Такое опережение достигается следующим образом. В верхней части забоя выбирается небольшой вруб, в который немедленно заводится верхняк. При этом верхняк подвешивается на "фальшивочный" лом, у которого один конец лежит на "фальшивочной" скобе, а второй конец захватывается простой скобой. После подгонки верхняка в нужное положение под него забивают упорные скобы, после чего "фальшивочный" лом может быть снят и использован для подвески следующего верхняка. Во избежание растяжки установленный верхняк скрепляется с соседними верхняками простыми скобами.

За один цикл в забое может быть подвешено с помощью "фальшивочных" ломов и скоб до трех верхняков. После этого под верхняки устанавливают стойки рамного крепления, начиная с первого от забоя верхняка.

Для усиления основной крепи применяется дополнительная подхватная крепь, представляющая собой Т- или П-образную конструкцию из круглого леса. Горизонтальный элемент крепи называется подхватом, вертикальный элемент - подхватным столбом. При слабых породах почвы подхватные столбы могут устанавливаться на лежни.

Очистная выемка на талых россыпях может производиться ленточными заходками, поперечными и продольными лавами. Каждая из систем очистной выемки отличается способами крепления и различными конструкциями вертикальных элементов крепи.

Забой очистной ленты ограничен с одной стороны целиком продуктивного пласта, а с другой стороны - крепью ранее отработанной ленты. В соответствие с этим со стороны целика забой крепят стойками и подхватами, а со стороны выработанного пространства - только подхватами (рис. 6.2).

Поперечные лавы представляют собой несколько лент (3 - 4), соединенных в одну забойную линию, и продвигающихся поперек столба. Подвеска верхняков в каждом отделении поперечной лавы производится так же, как и в ленточных заходках с применением фальшивочных ломов, упорных и простых скоб. По длине лавы верхняка подвешиваются впритык один к другому (рис. 6.3).

Вертикальная крепь поперечных лав состоит из коротких подхватов, которыми крепится каждое отделение (лента) лавы в два ряда с каждой стороны. Продольные лавы отли-

чаются от поперечных лав тем, что они продвигаются вдоль столба.

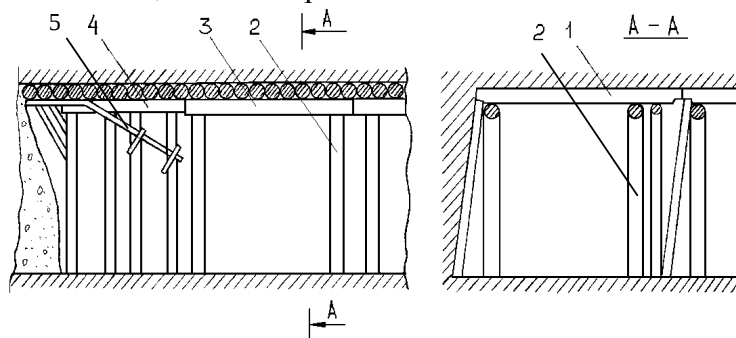


Рис. 6.2. Крепление ленточной заходки на талых россыпях:

1 - рамная крепь; 2 - подхватный столб; 3 - подхват; 4 - временная подхватная крепь; 5 - "фальшивочный" лом

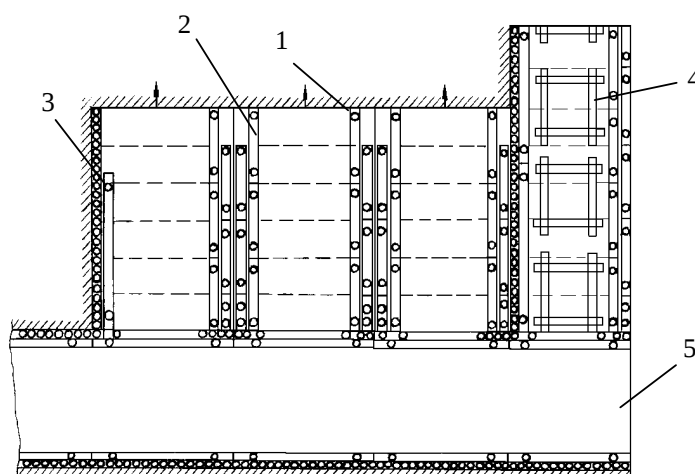


Рис. 6.3. Крепление поперечной лавы:

1 - стойки; 2 - подхваты; 3- подхватные столбы; 4 - костровая крепь; 5 - штрек

Верхняки в таких лавах подвешиваются впритык один к другому. На сопряжениях лавы со штреками концы верхняков лавы заводят на верхняки штреков при управлении кровлей без ее обрушения. При управлении кровлей с обрушением верхняки лав подвешиваются впритык к верхнякам или стойкам штреков для удобства обрушения.

Обычно подвигание забоя лавы за один цикл составляет 0,6 - 0,8 м (3 - 4 верхняка). Верхняки, подвешенные за один цикл, закрепляются короткими подхватами, которые, являясь временной крепью, регулярно сменяются постоянными подхватами по мере подвигания забоя. При этом подхваты устанавливают не впритык один к другому, а параллельно с пропуском конца одного подхвата за другой на 0,25 - 0,35 м (рис. 6.4).

Такая установка обеспечивает необходимую устойчивость подхватов и предохраняет крепь от разрыва, возможного при осадке кровли в выработанном пространстве.

В практике разработки талых россыпей при весьма неустойчивых породах применяют два вида специальной крепи: *забивная* и *маскировка забоя*.

Забивная крепь - это особый вид крепи, состоящей из шпунтов, вбиваемых в целик неустойчивых пород кровли и создающих опережающее крепление кровли выработок. Забивная крепь применяется в весьма неустойчивых и сыпучих породах кровли, в которых невозможно подобрать верх забоя по всей его ширине для подвески верхняка. Шпунты забивной крепи - "пали" изготавливаются из брусьев сечением 80 x 100 мм и длиной 1,5 - 3 м. Концы палей затесываются на односторонний клин. В процессе установки забивной крепи пали за-

бываются вплотную друг к другу под кровлю выработки (рис. 6.5).

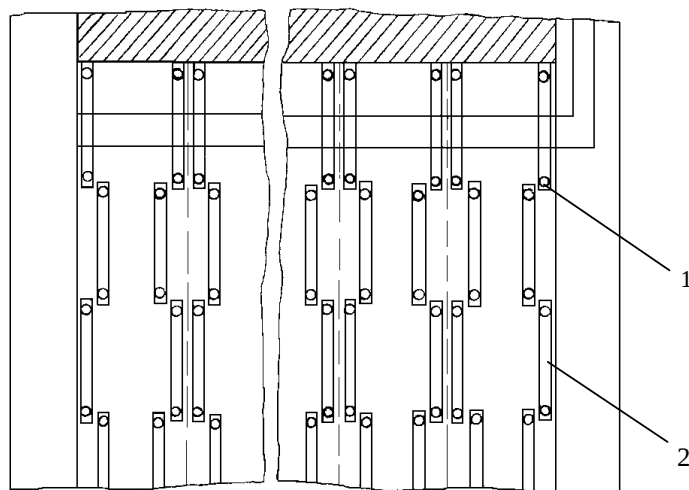


Рис. 6.4. Крепление продольной лавы:
1 - подхватные столбы; 2 - подхваты

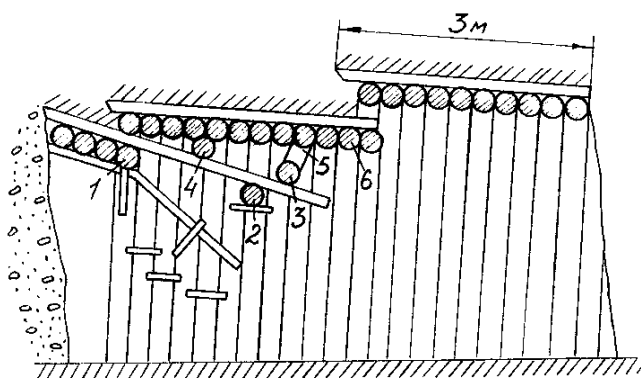


Рис. 6.5. Поперечное сечение заходки (штрека) с забивной крепью:
1 – крепежная рама;
2 - игла;
3, 4 - заложки;
5 - распорка;
6 - шпунты

Маскировка - это вспомогательное крепление короткими досками неустойчивых участков забоя или кровли. Она применяется как в дополнение, так и взамен забивной крепи. Маскировка кровли, заменяющая забивную крепь, может быть полной или частичной.

Полная маскировка кровли заключается в том, что при подборе верхов для подвески очередного верхняка обнажаемая кровля сразу же подкрепляется короткими обрезками досок.

Эти доски заводятся одним концом на ранее подвешенный верхняк, а вторым концом упираются в верхнюю часть забоя. Таким образом, обнажение кровли производится не на всю длину верхняка, а только на ширину доски. Подвеска верхняка производится после того, как кровля подобрана и замаскирована на всю его длину.

Частичная маскировка кровли применяется для подкрепления локальных весьма неустойчивых ее участков, а также при выемке валунов.

Маскировка забоя, дополняющая забивную крепь, бывает трех видов: *лобовая*, *боковая* (или *простеночная*) и *полная* (или "в ящик").

Лобовая маскировка (рис. 6.6) заключается в том, что забой закрепляется по всей ширине двумя рядами досок, которые прижимаются к забою упорными скобами, упирающимися в иглы, заведенные между стойками крепежных рам.

После окончания маскировки забоя на всю ширину упорные скобы заменяются деревянной распоркой.

Боковая и полная маскировка забоя применяются при проведении подготовительных выработок в водоносных или сыпучих породах.

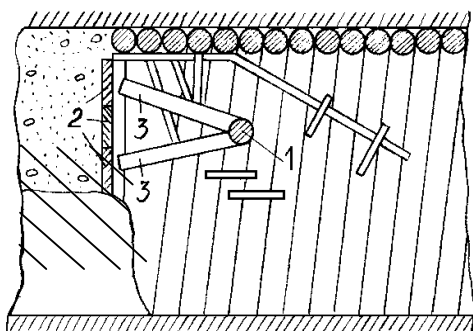


Рис. 6.6. Поперечное сечение заходки (штрека) с лобовой маскировкой:

- 1 - игла;
- 2 - доски маскировки забоя;
- 3 - распорки

6.5. Управление кровлей

На поведение покрывающих пород при разработке россыпей влияют горизонтальное залегание и небольшая их мощность. Физико-механические свойства покрывающих пород изменяются от вечномёрзлых устойчивых пород (на россыпях, расположенных в районах вечной мерзлоты) до неустойчивых обводненных пород (на талых россыпях).

Следует отметить, что устойчивость обнаженных пород кровли на мерзлых россыпях зависит не только от площади обнажения, но в значительной мере от температуры мерзлых пород.

При прогреве выработок воздухом с более высокой температурой, чем мерзлые породы, часть льда, являющегося связующим веществом мерзлых рыхлых отложений, переходит в пленочную воду, снижая при этом прочность пород, а, следовательно, и их устойчивость. Мёрзлые породы с температурой выше -1°C являются неустойчивыми, в пределах от -1°C до -4°C - малоустойчивыми.

Подработанный массив мерзлых пород в зависимости от их устойчивости, степени и времени обнажения может вести себя различным образом: не прогибаться в выработанное пространство, сохраняя несущую способность при предельно недеформируемом пролете очистной выработки и полной замкнутости периметра обнажения нетронутым массивом; плавно опускаться в выработанное пространство без существенного нарушения сплошности, обрушаться в выработанное пространство при критическом пролете обнажения и в дальнейшем обрушаться через определенный шаг подвигания забоя лавы, сохраняя свою устойчивость в закрепленном призабойном пространстве.

Для регулирования указанных явлений применяется комплекс технических мероприятий, называемых *управлением горным давлением* (или *управлением кровли*).

Для мерзлых россыпей различают следующие способы управления кровлей:

- поддержанием выработанного пространства породными целиками или бортовым массивом;
- плавным опусканием на податливые целики или на крепь;
- полным или частичным обрушением на посадочную крепь или на целики (рис. 6.7).

Способ управления кровлей поддержанием выработанного пространства жесткими породными целиками или бортовым массивом применяют независимо от класса устойчивости пород кровли на узких россыпях, а в породах IV и V классов устойчивости - на россыпях любой ширины или на пластах песков мощностью более 2,5 м с невысоким содержанием металла при сплошной, камерной или камерно-лавной системах разработки.

Сущность процесса управления кровлей поддержанием выработанного пространства заключается в следующем.

По мере ведения очистных работ горные породы в кровле пласта начинают выходить из равновесия и давать осадку при достижении определенной площади обнажения. Если в выработанном пространстве поставить прочные опоры, способные выдержать давление всей толщи наносов, то породы кровли останутся в равновесии и обрушения не произойдет. Роль

таких опор могут выполнить породные целики или бортовой массив. Целики с размерами 3 х 5, 4 х 5, 4 х 6 м располагают длинной стороной параллельно оси лавы.

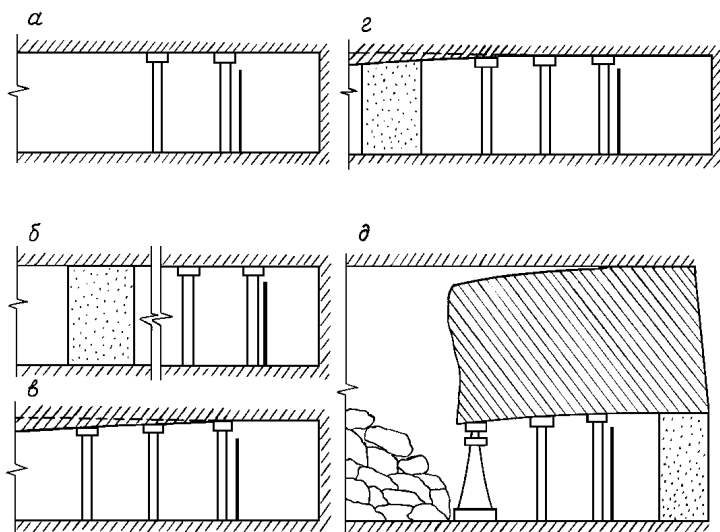


Рис. 6.7. Схемы управления кровлей при разработке многолетнемерзлых россыпей:

- а - поддержанием выработанного пространства бортовым массивом;
- б - поддержанием выработанного пространства жесткими породными целиками;
- в - плавным опусканием на крепь;
- г - плавным опусканием на податливые целики;
- д - полным или частичным обрушением на посадочную крепь

Расстояние между целиками может составлять от 10 до 20 м в зависимости от глубины разработки, класса устойчивости пород кровли пласта и длины лавы. Во всех случаях расстояние между целиками не должно превышать предельно устойчивый пролет обнажения. На россыпях шириной до 30 м с устойчивыми породами кровли целики не оставляются, так как в этих условиях кровля опирается на борта россыпи и сохраняет достаточную устойчивость при любом расположении откаточного штрека.

Погашение целиков производится после того, как оконтурится новый ряд целиков. При этом усиливается вспомогательная крепь около погашаемого целика, а вокруг него устанавливается костровая крепь с интервалом от 3 до 5 м.

После погашения целиков кровля выработанного пространства, лишенная опоры, начинает деформироваться, дает медленную осадку и постепенно садится на плотик. Реже кровля обрушается, внезапно обрезааясь у следующего ряда целиков.

Способ управления кровлей плавным опусканием на податливые целики или на крепь применяют при столбовой системе разработки и I, II, III, IV классах устойчивости пород кровли.

Сущность процесса управления кровлей плавным опусканием заключается в использовании свойства мерзлых пород плавно прогибаться в выработанное пространство после достижения критической площади обнажения.

Бесцеликовую выемку с управлением кровли плавным опусканием могут применять на россыпях с пластом малой мощности при высоком содержании металла и породах I, II классов устойчивости. При этом если для пород кровли I, II, III классов устойчивости при подвигании забоя на 75 - 100, 60 - 75 и 25 - 50 м соответственно кровля не опустится на почву выработанного пространства, то оставляют нерегулярные опорные целики шириной менее 3 м. Основным мероприятием в управлении кровлей при бесцеликовой выемке песков лавами является крепление призабойного выработанного пространства. Дополнительными мероприятиями по обеспечению безопасности очистных работ являются ограничение ширины призабойного пространства, обеспечение рациональной скорости подвигания очистного забоя (25 - 30 м в месяц), оставление при необходимости в выработанном пространстве нерегулярных породных целиков.

Способ управления кровлей полным или частичным обрушением на посадочную крепь рекомендуется применять в породах III, IV и V классов устойчивости при сплошной и столбовой системах разработки. Сущность процесса управления кровлей обрушением заключа-

ется в периодическом извлечении крепи, расположенной на погашаемой площади с одновременным усилением крепи на границе сохраняемого рабочего очистного пространства. При этом происходит обрушение пород непосредственной кровли и соответственно уменьшение длины консольной плиты, опирающейся на крепь. В результате этого процесса снижается давление на призабойную крепь и активность заколообразования в лаве.

Параметры крепления и шаг обрушения пород непосредственной кровли увязываются с размерами предельно устойчивой и критической площадей обнажения. Так при достижении предельно устойчивой площади обнажения выработанного пространства вдоль лавы устанавливается жесткая органно-кустовая крепь, предохраняющая кровлю от оседания на период подвигания лавы до момента, когда обнажение достигнет своей критической площади.

При достижении критической площади обнажения выработанного пространства вдоль лавы устанавливается второй, посадочный, ряд органно-кустовой крепи, а все виды предохранительной крепи на погашаемой площади выработанного пространства извлекаются, за счет чего создаются условия для обрушения пород непосредственной кровли. В качестве посадочной крепи могут также использоваться гидрофицированные крепи типа "Спутник" и механизированные гидравлические крепи.

Породы кровли талых россыпей, как правило, неустойчивые и чаще всего не допускают обнажения вообще или же допускают незначительные обнажения в том случае, когда они содержат достаточное количество связующего глинистого материала. На талых россыпях управление кровлей обычно производится ее поддержанием креплением или закладкой, причем крепление и закладка могут применяться одновременно. Значительно реже на талых россыпях управление кровлей осуществляют обрушением.

В отличие от угольных и других месторождений, где закладка выработанного пространства имеет общее для всего месторождения значение, на россыпных месторождениях закладка всегда имеет местный характер. Не только на всей россыпи, но и на отдельно взятом шахтном поле могут управлять кровлей, как закладкой, так и обрушением.

Закладка выработанного пространства не устраняет осадку кровли, но значительно уменьшает ее величину и создает условия для равномерного оседания кровли на большой площади без разрыва ее сплошности и нарушения земной поверхности.

Управление кровлей ее поддержанием закладкой применяется в следующих случаях:

- при большой валунистости пласта песков;
- при наличии промышленных пропластков над основным промышленным пластом песков и отсутствие условий для их отработки сверху вниз;
- при необходимости охраны поверхностных сооружений;
- при наличии неосушенных плывунов в кровле пласта песков.

Управление кровлей ее обрушением требует следующих условий:

- небольшая валунистость песков;
- выработанное пространство, подлежащее обрушению, не должно быть загромождено камнем или другими предметами;
- над обрушаемым выработанным пространством не должно быть водоема, реки или сооружений, требующих сохранения поверхности и целостности водоупорных слоев пород;
- породы в кровле пласта песков должны быть полностью осушены и не должны содержать плывунов.

7. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РОССЫПЕЙ

7.1. Общие сведения

Система разработки - это определенный порядок проведения подготовительных и очистных выработок, увязанных во времени и пространстве. При разработке россыпных месторождений широко применяются системы разработки, которые используются при разработке пластовых месторождений.

Горнотехническая характеристика системы разработки включает в себя следующие данные:

- порядок проведения подготовительных, нарезных и очистных выработок;
- последовательность и направление отработки отдельных частей шахтного поля;
- размеры элементов системы;
- сведения о взаимном расположении выработок;
- способы управления горным давлением и механизации производственных процессов;
- порядок и способ проветривания очистных и подготовительных выработок;
- мероприятия по предупреждению прорыва воды;
- организация работ в подготовительных и очистных выработках и по шахте в целом.

Система разработки характеризуется следующими технико-экономическими показателями:

- количество добываемых песков (за цикл, сутки, месяц, год);
- скорости подвигания очистных и подготовительных забоев;
- производительность труда на всех видах работ;
- расходы взрывчатых, крепежных и других материалов, электроэнергии, сжатого воздуха (в расчете на 1 м³ или на 1000 м³ добычи);
- себестоимость добычи 1 м³ песков;
- размеры разубоживания и эксплуатационных потерь.

Системы разработки талых и многолетнемерзлых россыпей существенно различаются между собой и классифицируются отдельно.

7.2. Системы разработки талых россыпей

Основным признаком классификации систем разработки талых россыпей является способ управления кровлей. Управление кровлей может осуществляться ее обрушением, поддержанием выработанного пространства крепью и закладкой. Обрушение выработанного пространства разрешается применять в следующих случаях: если нет необходимости в сохранении поверхности, при умеренной валунистости россыпи, при отсутствии плывунов. Закладку выработанного пространства применяют при необходимости сохранения земной поверхности.

Классификация систем разработки талых россыпей приведена в табл. 7.1.

При разработке талых россыпей широко применяются система разработки длинными столбами и система разработки короткими столбами. Кроме этого применяются системы разработки заходками и лавами, а также комбинации различных систем.

Система разработки лавами наиболее производительна, однако область ее применения весьма ограничена, так как она может применяться только при устойчивой кровле, что в случае разработки талых россыпей встречается редко.

Наиболее часто применяется система разработки длинными столбами, которая по

сравнению с системой разработки короткими столбами более производительна, позволяет механизировать некоторые процессы при меньшем объеме подготовительных работ. При системе разработки длинными столбами шахтное поле длиной 300 - 600 м разделяется на выемочные блоки - столбы, размеры которых зависят от устойчивости вмещающих пород (длина 30 - 60 м, ширина 9,75 - 19,75 м). При весьма устойчивых породах кровли ширина столбов допускается до 18 - 19,75 м, при устойчивых - не более 12 - 16 м, при неустойчивых - не более 12 м.

Таблица 7.1

Классификация систем разработки талых россыпей

Системы разработки	Условия применения
Длинными столбами: - одиночными заходками - спаренными заходками - встречными спаренными заходками - продольными лавами - поперечными лавами	Длина шахтного поля более 300 м
Короткими столбами: - с частичной закладкой выработанного пространства - с обрушением кровли	Длина шахтного поля в пределах 200 - 400 м
Лавная	Небольшие участки россыпи с устойчивой кровлей
Отдельными блоками	Значительные размеры шахтного поля (более 600 м), устойчивая кровля
Смежными заходками: - без закладки выработанного пространства - с закладкой выработанного пространства	Неглубокие россыпи шириной 30 - 40 м
Комбинированная	

Столбы, как правило, отрабатываются ленточными заходками шириной 3,75 м иногда лавами длиной 13 - 19,75 м. Отработка столбов ведется от границ к центру шахтного поля.

Длинную сторону столба преимущественно располагают по ширине россыпи, а заходки направляют по короткой стороне столба. Длинную сторону столба могут располагать по падению россыпи, когда плотик имеет глубокие продольные западения или при крепком плотике со слоистостью по ширине россыпи.

Ширину столба, определяющую длину заходки, выбирают в зависимости от устойчивости кровли, чтобы можно было успеть отработать и зачистить всю заходку до обрушения пород кровли.

Подготовка шахтного поля при системе разработки длинными столбами осуществляется одним или двумя продольными штреками: главным откаточным и вспомогательным или ходовым. При устойчивой кровле шахтное поле может быть подготовлено одним штреком увеличенной ширины, в котором размещаются транспортное и ходовое отделения. На валунистых россыпях откаточные и вспомогательные продольные штреки крепят каменной кладкой, а при отсутствии камня - усиленной крепью с подхватами.

После проведения главного откаточного (продольного) штрека шахтное поле нарезается на столбы поперечными штреками. Последние пересекают по ширине всю россыпь и углубляются в ее борта на 2 - 3 м для уточнения контуров россыпи, после чего по бортам россыпи проходят бортовые штреки, оконтуривающие выемочные столбы.

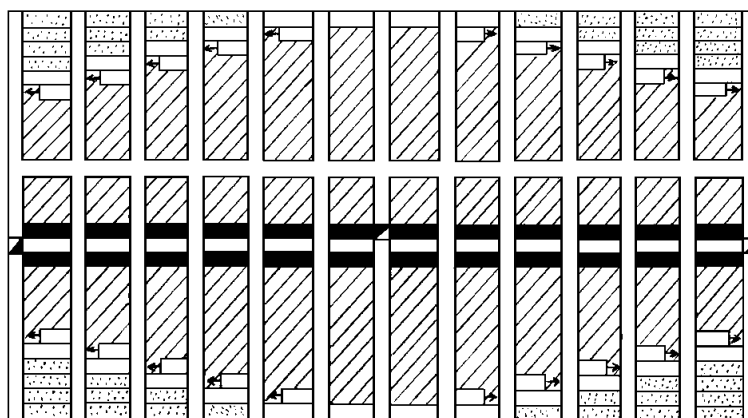
При большой ширине россыпи для ограничения длины выемочных столбов (не более 60 м) проводят параллельные (продольные) штреки.

В зависимости от горно-геологических условий залегания россыпи очистная выемка длинных столбов может осуществляться следующими способами:

- одиночными заходками;
- спаренными заходками;
- встречными заходками;
- встречными спаренными заходками;
- поперечными лавами;
- продольными лавами.

Сущность отработки длинных столбов *одиночными заходками* (рис. 7.1) заключается в последовательной отработке столбов от бортов россыпи с четырех углов шахтного поля к его центру. При этом в каждом столбе очистные работы ведутся только в одной заходке.

а



б

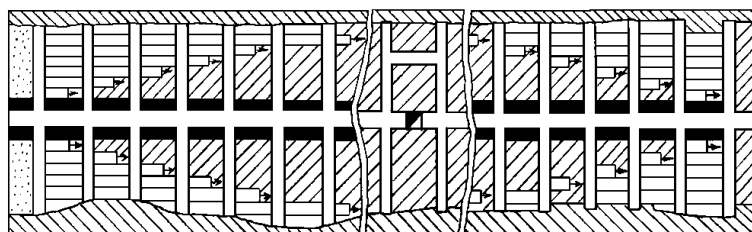


Рис. 7.1. Системы разработки длинными столбами:

а - в хорошо осушенных россыпях; б - в плохо осушенных россыпях

В устойчивых породах управление кровлей осуществляется обрушением. В этом случае обрушается каждая третья отработанная заходка (считая от той, в которой ведется очистная выемка). Во второй заходке производится подготовка к обрушению. Для сохранения главных подготовительных выработок примыкающие к ним отработанные заходки закладываются камнем.

При недостаточно устойчивой кровле обрушение не производится. В этом случае осуществляется полная или частичная закладка всех заходок. При частичной закладке (в случае маловалунистых россыпей) кровля незаложенных участков поддерживается усиленной или простой крепью.

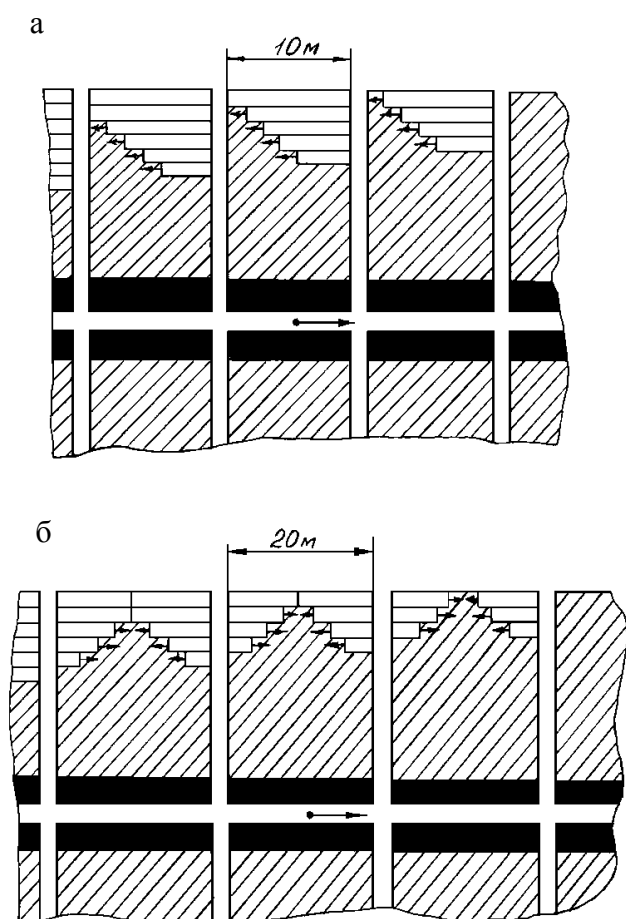
Направление перемещения очистных забоев зависит от степени осушенности россыпи. В хорошо осушенных россыпях очистные забои перемещаются к границам шахтного поля (рис. 7.1 а). В этом случае создаются наиболее благоприятные условия для охраны выработок от горного давления.

В водоносных россыпях с глинистым плотиком полное осушение затягивается на дли-

тельный срок. Наличие воды в песках затрудняет проходку выработок в направлении к нижней границе шахтного поля, так как в этом случае вода скапливается в забое. Поэтому в этих условиях очистные выработки проводят с подъемом, то есть в сторону верхней границы шахтного поля. В таких условиях порядок ведения очистных работ в верхнем и нижнем участках шахтного поля имеет некоторое различие (рис. 7.1 б).

При отработке нижнего участка шахтного поля очистные забои перемещаются от границ шахтного поля к его центру. При этом ступенчато-диагональный порядок отработки шахтного поля от границ к центру не может быть нарушен; в связи с этим выход из каждого забоя проходит через выработанное пространство. Для создания необходимых условий безопасности отработка столбов должна производиться в строгой последовательности: с опережением отработки крайних столбов не более, чем на одну ленту, т.е. в тылу работающего забоя должна быть только одна отработанная и необрушенная лента. Верхний участок шахтного поля является более благоприятным для отработки, так как в тылу действующего забоя имеется неотработанный целик. В связи с этим допускается отступление от равномерной выемки всех столбов, но с одним непеременимым условием: отработка каждого верхнего столба должна опережать отработку соседнего нижнего столба не менее чем на одну ленту.

Отработку длинных столбов *спаренными заходками* (рис. 7.2 а) применяют в валунистых россыпях при управлении кровлей закладкой. При этом достигается увеличение общего фронта очистных забоев с максимально возможной его концентрацией.



Сущность этого способа заключается в том, что отработка столба производится несколькими заходками; при этом их забои следуют один за другим уступами с отставанием на 2 - 3 м. В зависимости от устойчивости кровли количество одновременно действующих заходок в столбе может изменяться от двух до четырех.

Отработку длинных столбов *встречными спаренными заходками* (рис. 7.2 б) применяют в валунистых песках с устойчивой кровлей и управлении кровлей закладкой. Данный вариант отработки длинных столбов обеспечивает высокую концентрацию и большой фронт очистных работ, а также невысокий удельный объем нарезных работ.

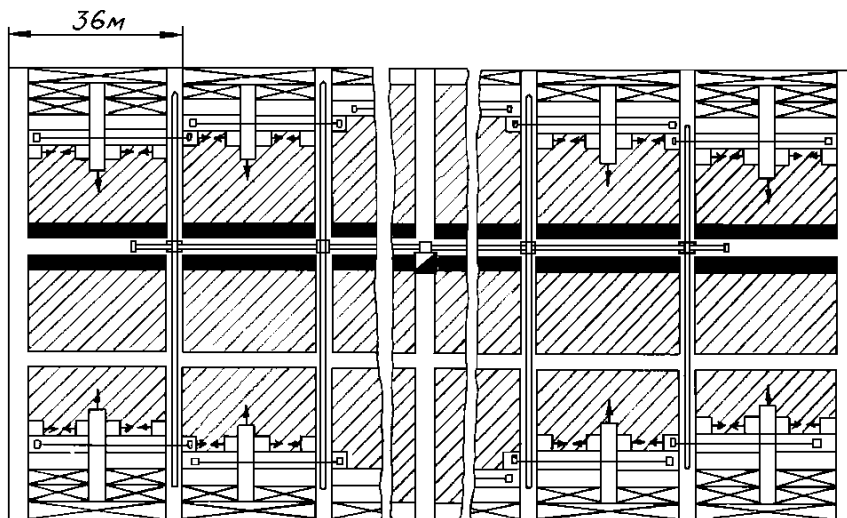
Рис. 7.2. Схемы отработки длинных столбов:
а - спаренными забоями;
б - встречными спаренными забоями

При отработке встречными спаренными заходками ширина столбов увеличивается до 20 м. Отработка каждого столба производится с двух его сторон встречными спаренными забоями. Очистная выемка начинается от границ шахтного поля и ведется с таким расчетом, чтобы каждый последующий столб отставал в отработке от соседнего столба на одну ленту.

Недостатком системы разработки встречными спаренными заходками является нали-

чие многочисленных сбоек встречных забоев, которые можно допустить только при устойчивой кровле и мягком плотике с продвижения забоя на сбойку без буровзрывных работ.

Отработку длинных столбов *встречными заходками* (рис. 7.3) является вариантом системы длинных столбов, разработанным для условий механизированной доставки песков из забоя.



Сущность данного варианта заключается в следующем. Шахтное поле нарезается на длинные столбы шириной 36 м.

Рис. 7.3. Схема отработки длинных столбов встречными заходками

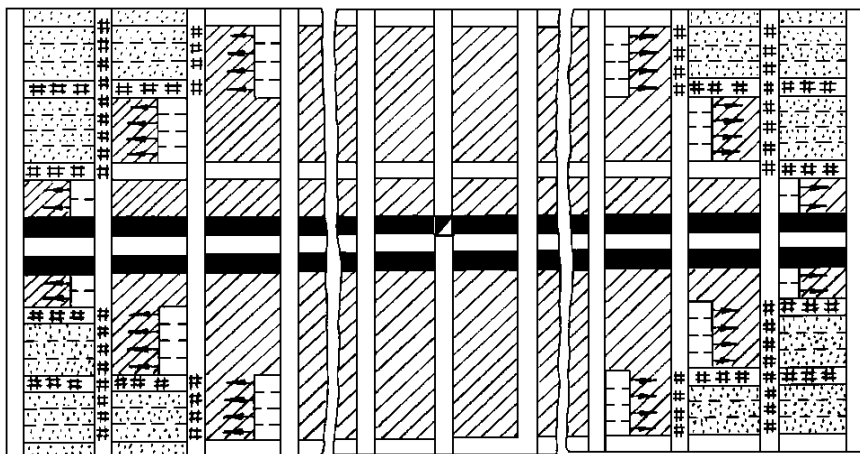
В отрезном продольном штреке монтируется скреперная установка, на дорожку которой перекидывается вручную пески из очередной ленты, обрабатываемой встречными забоями. Для увеличения количества забоев, работающих на одну скреперную дорожку, столб разрезается одним или двумя вспомогательными нарезными штреками.

После окончания выемки очередной ленты в нее переносится скреперная установка. Таким образом, применение данного варианта отработки длинных столбов обеспечивает возможность обслуживания одной скреперной установкой от четырех до шести забоев.

Системы разработки длинными столбами с очистной выемкой ленточными заходками имеют весьма существенные общие недостатки, связанные с малой производительностью забоев и разбросанностью фронта очистных работ.

Для устранения этих недостатков и достижения высоких технико-экономических показателей подземной разработки талых россыпей были предложены столбовые системы разработки с очистной выемкой поперечными или продольными лавами.

Поперечная лава - это очистной забой, движущийся поперек длинной стороны столба. В этом случае лава представляет из себя широкую (до 13 м) заходку, состоящую из нескольких забоев-лент, соединенных в общую линию забоя (рис. 7.4).



Особенностью системы разработки поперечными лавами является необходимость поддержания всего выработанного пространства за лавой в течение времени ее отработки.

Рис. 7.4. Система разработки поперечными лавами

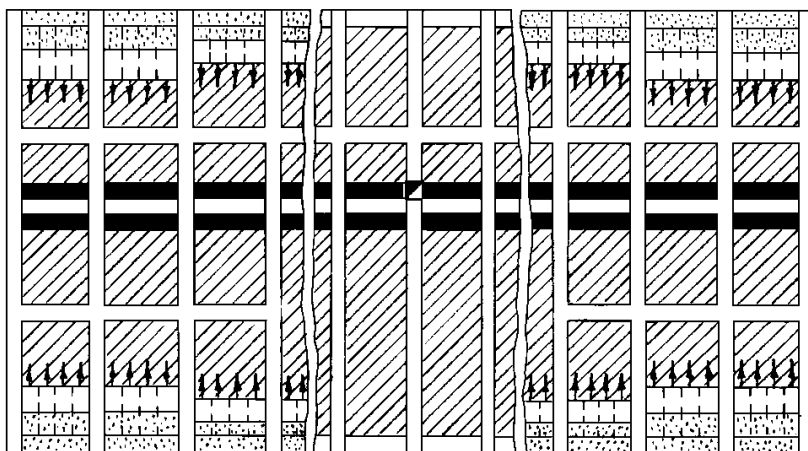
Очистная выемка начинается от границ шахтного поля и от борта россыпи. Движение забоев - от ствола к границам шахтного поля с тем, чтобы на выходе из рабочего забоя постоянно находился нетронутый целик. Общая схема отработки шахтного поля приобретает ступенчатый вид с опережением крайних лав не менее половины ширины столба.

Очистное пространство поддерживается временной крепью; обрушение выработанного пространства начинают с крайней от борта россыпи ленты на длину 2 - 3 м, затем переходят в следующие ленты и т.д.

При разработке талых россыпей широко применяются система разработки длинными столбами и система разработки короткими столбами. Кроме этого применяются системы разработки заходками и лавами, а также комбинации различных систем.

Система разработки лавами наиболее производительна, однако область ее применения весьма ограничена, т.к. она может применяться только при устойчивой кровле, что в случае разработки талых россыпей встречается редко. Наиболее часто применяется система разработки длинными столбами, которая по сравнению с системой разработки короткими столбами более производительна, позволяет механизировать некоторые процессы при меньшем объеме подготовительных работ. Высокая валунистость россыпи приводит к захламлению рабочего пространства, затрудняет производство обрушения и является отрицательным фактором для применения поперечных лав. Поэтому столбовая система разработки поперечными лавами применяется для маловалунистых россыпей.

Продольная лава - это очистной забой, движущийся в направлении длинной стороны столба (рис. 7.5).



Длина лавы может достигать 13 м (четыре заходки шириной по 3,25 м). Длина столба зависит от ширины россыпи. Очистную выемку ведут одновременно от границ шахтного поля и от бортов россыпи.

Рис. 7.5. Система разработки продольными лавами

Выработанное пространство поддерживают на расстоянии 5-7 м от забоя. Выбор способа управления кровлей зависит от валунистости россыпи: на маловалунистых россыпях применяют обрушение кровли, на валунистых - закладку выработанного пространства.

Очистная выемка отдельных столбов может быть независимой и спаренной (рис. 7.6).

а

б

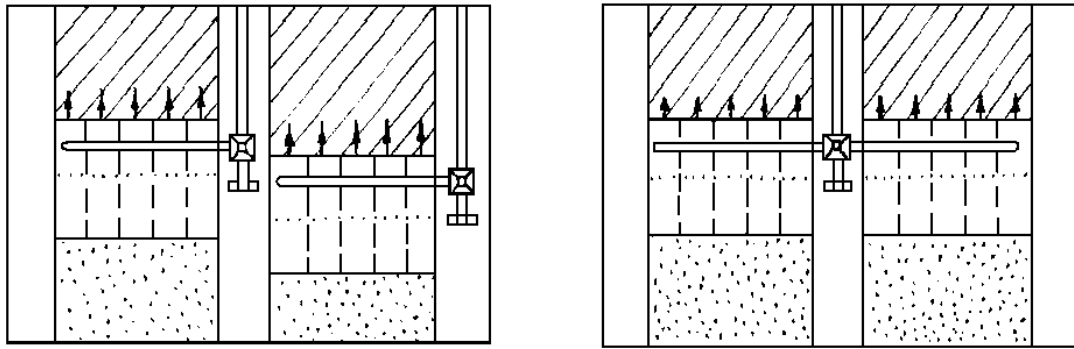


Рис. 7.6. Схемы отработки столбов:

а - независимыми лавами; б - спаренными лавами

В первом случае каждый столб отрабатывается независимо от соседних столбов с обязательным условием: разработка смежных столбов должна вестись уступами с отставанием одной лавы от другой на 3 - 5 м.

Спаренная выемка столбов производится при расположении забоев лав в двух смежных столбах по одной линии. При этом доставка песков из обеих лав производится на один сборный конвейер. Между соседними парами лав создается уступ в 3 - 5 м.

При сложном рельефе плотика, затрудняющем движение забоев поперек россыпи, возможно движение продольных лав по длине россыпи. При этом шахтное поле нарезается на длинные столбы, расположенные длинной стороной вдоль россыпи.

Система разработки длинными столбами отличается своей простотой и позволяет использовать ленточные конвейеры для транспортирования песков по выработкам.

Недостатком этой системы является значительный удельный объем подготовительно-нарезных работ (до 40 %). Наиболее высокие технико-экономические показатели достигаются при управлении кровли обрушением.

Система разработки *короткими столбами* отличается от системы разработки длинными столбами размерами самих столбов. Короткие столбы приближаются по форме к квадрату с размерами 10 x 10 или 10 x 12 м. Эта система разработки применяется при небольших размерах шахтного поля (длина поля 200 - 400 м, ширина - не более 80 - 90 м) при неустойчивой кровле и неровном плотике.

Очистные работы начинаются после проходки нарезных выработок от границ шахтного поля к центральному стволу.

Существуют несколько вариантов системы разработки короткими столбами с поддержанием кровли (крепью и закладкой) и с ее обрушением.

При системе разработки с поддержанием кровли (рис. 7.7) очистная выемка в столбах начинается с выемки средних лент, разрезающих их пополам.

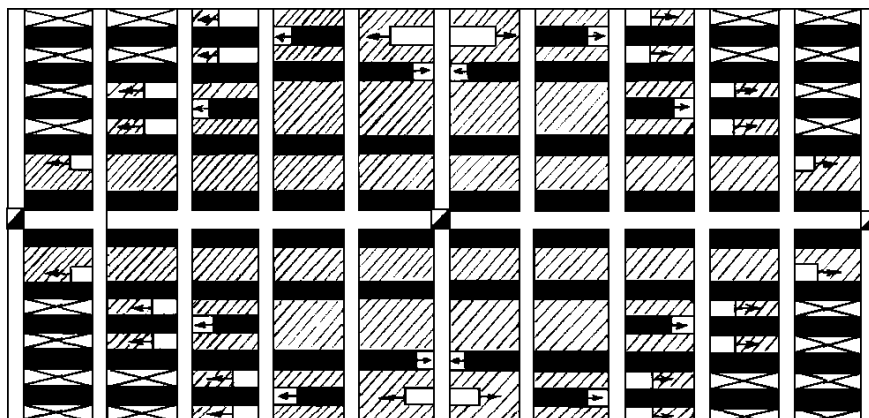
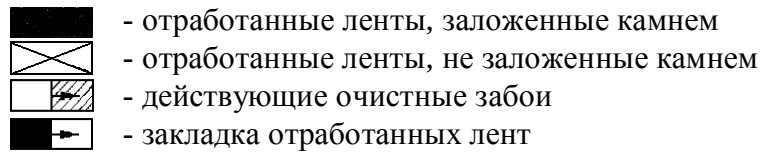


Рис. 7.7. Система разработки короткими столбами с закладкой выработанного пространства:



Разрезные ленты закрепляются неполными дверными рамами с подхватами и закладываются камнем. В случае недостатка камня (маловалунистые россыпи) для полной закладки крепление разрезной ленты усиливается кострами или вторым рядом подхватов. Одновременно с этим производится усиленное подкрепление нарезных штреков.

После закладки или подкрепления средней ленты поочередно отрабатываются крайние ленты, причем их крепление производят без применения стоек с укладкой верхняков на крепь соседних боковых выработок. При устойчивой кровле возможна одновременная отработка двух боковых лент.

Достоинствами системы разработки короткими столбами с поддержанием кровли являются: высокий уровень добычи в период нарезных работ, большая производительность шахт в период очистных работ, благоприятные условия для проветривания выработок.

Недостатками данной системы разработки являются: большой удельный объем подготовительно-нарезных работ (до 60 %), высокие трудоемкость очистных работ и себестоимость добычи песков.

Для маловалунистых россыпей могут применять вариант системы разработки короткими столбами с обрушением кровли, отличающийся от предыдущего тем, что погашение столбов производится без проведения заходки посередине столба и без закладки нарезных и очистных выработок. Обрушение кровли при этом достигается тем, что в отработанной заходке частично извлекается крепь. Извлечение крепи осуществляется из соседней закрепленной заходки.

Для сохранения главного штрека околострековые выработки закладываются. При значительном содержании валунов их можно использовать для закладки параллельных штреков, но в этом случае крепежный лес из них не извлекается.

Преимущества варианта системы разработки короткими столбами с обрушением кровли по сравнению с вариантом с поддержанием кровли: на 10 - 15 % меньше объем нарезных работ за счет увеличения размеров столба; на 20 % меньше расход леса в результате повторного использования крепи. Недостатки: невозможность применения для россыпей, содержащих плавуну, а также пластов большой мощности.

Система разработки лавами (рис. 7.8) применяется на небольших участках россыпи при устойчивой кровле для сокращения объема подготовительно-нарезных работ и ускорения подготовки шахтного поля к очистной выемке.

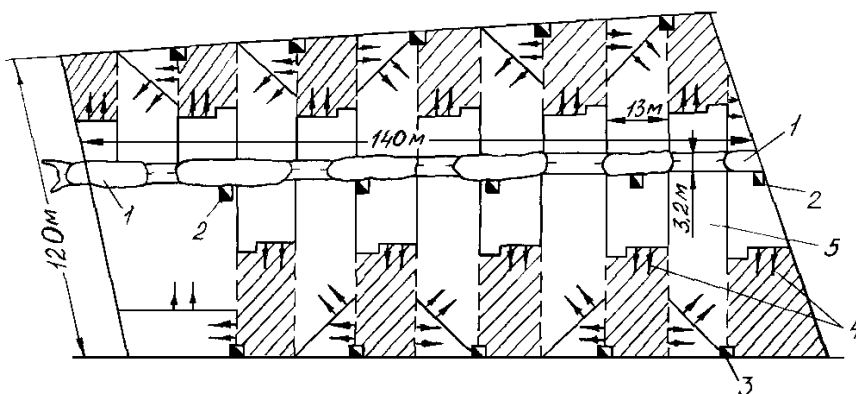


Рис. 7.8. Система разработки лавами:

- 1 - основной штрек;
- 2, 3 - пограничные шурфы;
- 4 - лавы, отрабатываемые в первую очередь прямым ходом;
- 5 - лавы, отрабатываемые во вторую очередь обрат-

Лавы отрабатываются в шахматном порядке одновременно по всему фронту. Шахтное поле подготавливают основным штреком 1, проводимым встречными забоями из шурфов 2 на границе шахтного поля.

От штрека 1 к границам шахтного поля в шахматном порядке нарезают лавы 4 длиной по 13 м. Целики 5 (шириной 13 м) отрабатывают обратным ходом. Запасные выходы устраивают через шурфы 3 размером 1,2 x 1,6 м, расположенные на расстоянии 25 - 28 м друг от друга. Транспортирование песков осуществляется скреперными установками. Объем подготовительно-нарезных работ по отношению к запасам шахтного поля составляет 3 - 7 %.

Систему разработки лавами применяют только в том случае, если стоимость проходки вспомогательных шурфов меньше стоимости проходки поперечных нарезных штреков.

Систему разработки *отдельными блоками* (рис. 7.9) применяют при устойчивой кровле и большой длине шахтного поля (более 600 м).

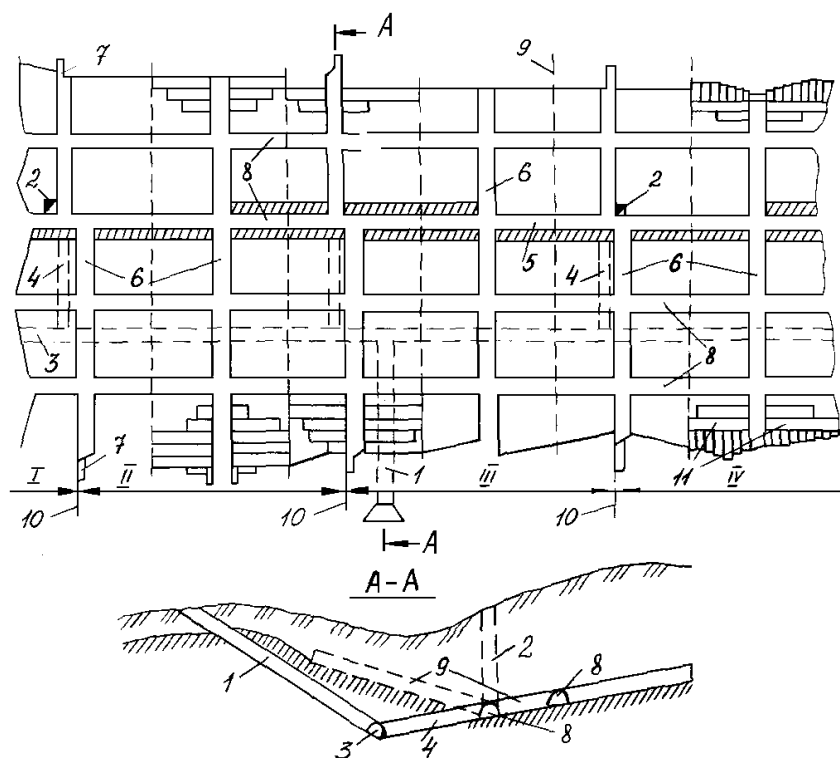


Рис. 7.9. Система разработки отдельными блоками:

- 1 - основной наклонный ствол;
- 2 - вертикальный вспомогательный ствол;
- 3 - полевой штрек;
- 4 - квершлаг;
- 5 - пластовый штрек;
- 6 - нарезные штреки;
- 7 - разведочные выработки;
- 8 - параллельные штреки;
- 9 - границы блоков;
- 10 - границы очистных забоев;
- 11 - границы очистных работ в смежных блоках;
- 12 - встречные заходки;
- I-IV - блоки

Она позволяет маневрировать фронтом работ и обеспечивать высокий уровень добычи в стадии подготовки блоков к очистной выемке.

Подготовку и разработку месторождения ведут из полевого штрека 3, пройденного в плотике. Россыпь вскрывается вертикальным или наклонным стволом 1 и квершлагами 4, а подготавливаются пластовым штреком 5.

Длина блока по простиранию определяется расстоянием между квершлагами, которое обычно составляет 90 - 130 м. С помощью поперечных 6 и параллельных штреков 8 блоки нарезают на столбы шириной 25 - 30 м и длиной 16,5 - 19,5 м. Для разведочных целей из нарезных выработок проходят квершлаг 7. При длине шахтного поля более 800 м спуск леса в шахту, подъем валунов и проветривание производится по вспомогательному стволу 2, который проходится на каждые 2 - 3 блока и служит запасным выходом. Очистные работы ведутся от бортов к главному штреку 5. Из каждой нарезной выработки отрабатывают два столба.

В устойчивых породах очистные работы ведутся с обрушением. При этом подготовительные, нарезные и очистные выработки, граничащие с соседними блоками, не обрушаются, а закладываются камнем на длину 4 - 6 м. Для обеспечения безопасности работ одновременная отработка двух смежных блоков на всю длину не допускается.

Система разработки *смежными заходками* (рис. 7.10) применяется для неглубоких россыпей шириной 30 - 40 м.

Очистная выемка ведется участками длиной 70 - 100 м. Для доставки песков используются вагонетки и ленточные конвейеры, для подъема - скипы. При отработке россыпи без закладки выработанного пространства очистные работы ведут поперечными заходками от границ участка к шурфу.

Заходки крепят подхватами или кострами. При закладке выработанного пространства поперечные заходки отрабатывают в шахматном порядке. После закладки заходок, отрабатанных в первую очередь, отрабатываются заходки второй очереди.

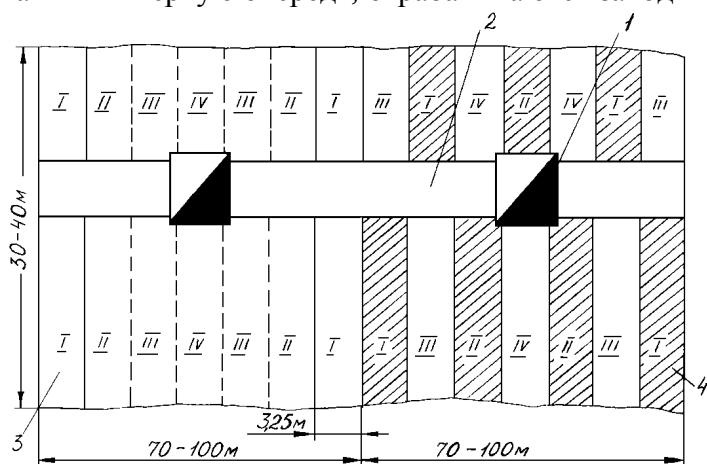


Рис. 7.10. Система разработки смежными заходками:

а - без закладки выработанного пространства;

б - с закладкой выработанного пространства;

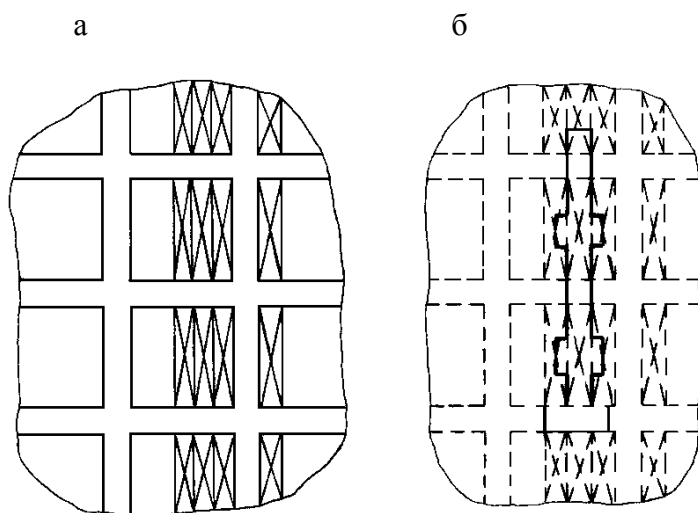
1 - шурф;

2 - штрек;

3 - заходки, не заложённые камнем;

4 - заходки, заложённые камнем

На глубоких россыпях встречаются мощные пласты с раздувами до 4 - 6 м, а при плотике, сложенном известняками, в глубоких западениях мощность пласта может достигать 10 - 15 м. В таких условиях применяют системы разработки *горизонтальными слоями* снизу вверх.



В слоях применяются системы разработки длинными столбами с закладкой выработанного пространства валунами (рис. 7.11).

Рис. 7.11. Слойная система разработки ленточными заходками:

1 - продольный штрек верхнего слоя;

2 - поперечный штрек верхнего слоя

К работе в верхнем слое приступают после закладки нижнего слоя, в том числе и ненужных выработок. Продольные штреки 1 верхнего слоя сдвигают в сторону на одну заходку по отношению к нижним выработкам, а поперечные 2 - на половину ширины столба. В местах их пересечения устраивают прочный деревянный настил и люки для перепуска пес-

ков на нижний горизонт. Развитие работ в верхнем слое зависит от размера отработанной и забученной площади в нижнем слое. Размеры столбов при трех слоях принимают поперек россыпи 22,75 м, по падению - 16,25 м. Достоинствами слоевой системы разработки являются относительная безопасность работ, небольшой объем подготовительно-нарезных работ, широкий диапазон горно-геологических условий применения.

7.3. Системы разработки вечномерзлых россыпей

Системы разработки вечномерзлых россыпей классифицируют по двум основным признакам: по способу подготовки шахтного поля и способу управления горным давлением.

Вспомогательными признаками являются направление подвигания очистного забоя и его расположение относительно подготовительных выработок.

Классификация систем разработки вечномерзлых россыпей приведена в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Классификация систем разработки вечномерзлых россыпей

Система разработки	Способ подготовки	Способ управления кровлей	Условия применения
Сплошная <u>5 - 12*</u> 2 - 3	Главным штреком и шурфами	Поддержанием крепью, плавным опусканием или обрушением кровли	Кровля - I или II классов устойчивости. Ширина россыпи – до 60-100 м. Глубина залегания – до 20 м. Мощность пласта - до 3-х м
Столбовая <u>12 - 20*</u> 2 - 3	Главным и вентиляционным штреками	То же и поддержание целиками	То же, но при глубине залегания свыше 15 м. Для небольших шахтных полей возможны кровли III класса устойчивости
Камерная <u>20 - 30*</u> 10 - 20	То же	Поддержание междуканнерными целиками	Кровля - любого класса устойчивости. Размеры россыпи и ее глубина залегания- любые. Мощность пласта – до 6 м
Комбинированная	Шурфами, главным штреком и вентиляционными штреками	Поддержанием крепью или целиками, плавным опусканием или обрушением кровли	Россыпи сложной конфигурации. Пласт и наносы - переменной мощности

* - Числитель - удельный вес подготовительно-нарезных работ, знаменатель - потери песков, %

При сплошных системах разработки подготовка шахтных полей осуществляется временными пограничными вентиляционными шурфами, при столбовых и камерных - пограничными вентиляционными штреками, при комбинированных - обоими способами.

При всех применяемых системах разработки шахтное поле отрабатывается длинными очистными забоями (лавами), длина которых может достигать 70 м.

Принципиально существуют два вида подвигания лав - *параллельный* и *радиальный*. При *параллельном* подвигании все положения лавы параллельны между собой. В случае *радиального* подвигания линия забоя представляет собой вращающийся радиус, поэтому величина подвигания забоя на разных его участках различна. Иногда применяется диагональное подвигание забоя, однако в этом случае подразумевается тоже параллельное подвигание забоя, имеющее угол сопряжения со штреком, отличный от прямого.

Сплошные системы разработки были основными и широко применялись в 50-х - 70-х годах. В настоящее время они имеют ограниченное применение и используются при глубине разработки до 20 м и при отработке россыпей сложной конфигурации.

Сущность сплошной системы разработки заключается в следующем.

Шахтное поле подготавливается к очистной выемке путем проведения главного транспортного штрека посередине или по контуру россыпи, из которого (обычно на границе шахтного поля) проходят разрезные штреки (рассечки). Очистная выемка начинается непосредственно из разрезных штреков и ведется в направлении от границ шахтного поля к стволу. Для обеспечения проветривания очистных забоев по мере их подвигания по контуру россыпи проходят вентиляционные шурфы (или скважины). Управление кровлей при сплошных системах разработки осуществляется поддержанием крепью, плавным опусканием или обрушением.

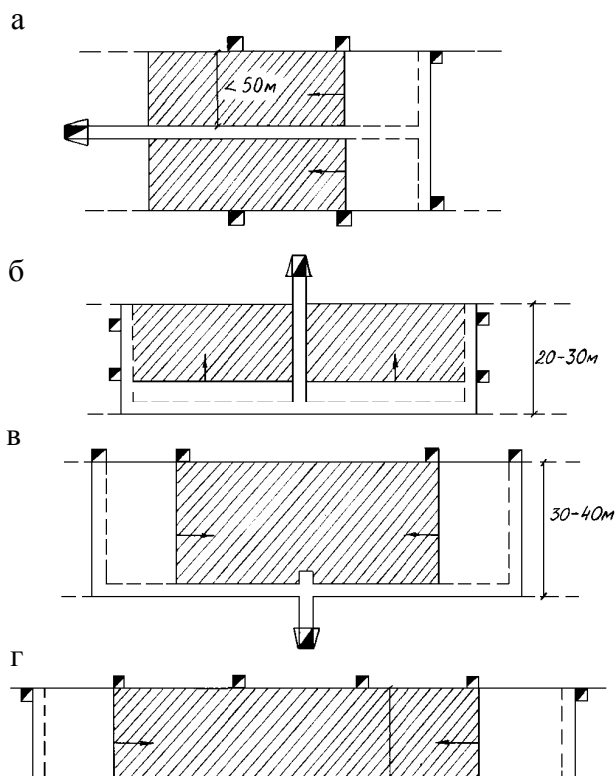
Основные варианты сплошных систем разработки приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Варианты сплошных систем разработки

Система разработки	Условия применения
Смежными лавами - по простиранию - вкрест простирания	Широкие и средней ширины россыпи Узкие россыпи
Встречными лавами	Россыпи средней ширины
Смежно-встречными лавами	Широкие россыпи
Радиальными лавами - односторонний веер - двусторонний веер - двусторонний веер с диагональной подготовкой	Весьма узкие россыпи с достаточно устойчивой кровлей
Радиально-параллельными лавами	Узкие россыпи со сложной конфигурацией бортов
Встречными диагональными лавами	Узкие россыпи

Из них наибольшее распространение получили системы разработки с параллельным подвиганием лав (рис. 7.12), так как они обеспечивают безопасные условия работы при кровле средней устойчивости. Чаще очистная выемка производится без оставления целиков.



Иногда оставляются нерегулярные целики (при недостаточно устойчивой кровле или слишком больших площадях обнажения). Достоинствами сплошной системы разработки с параллельным подвиганием лав являются:

- постоянная длина линии очистных забоев и их прямолинейность (обеспечивающие ритмичную работу шахты);
- безопасные условия труда в очистных забоях;
- простота организации и высокая эффективность буровзрывных работ;
- возможность отработки шахтных полей любых размеров;
- простота управления кровлей (так как ря-

ды крепи параллельны линии забоев, а условия ее работы одинаковы по всей длине лавы).

Рис. 7.12. Сплошные системы разработки с параллельным продвижением лав:

а, б - смежными лавами;

в - встречными лавами;

г - смежно-встречными лавами

Сплошная система разработки радиальными лавами эффективна для шахтных полей небольших размеров с весьма устойчивой кровлей.

Сущность самого простого варианта сплошной системы разработки радиальными лавами - "односторонний веер" (рис. 7.13 а) заключается в следующем. Шахтное поле готовится к очистной выемке одним разрезным штреком 1, являющимся продолжением ствола 2. В околоствольном дворе 3 с обеих сторон ствола устанавливают две скреперные лебедки с расчетом возможности их поворота на 90° .

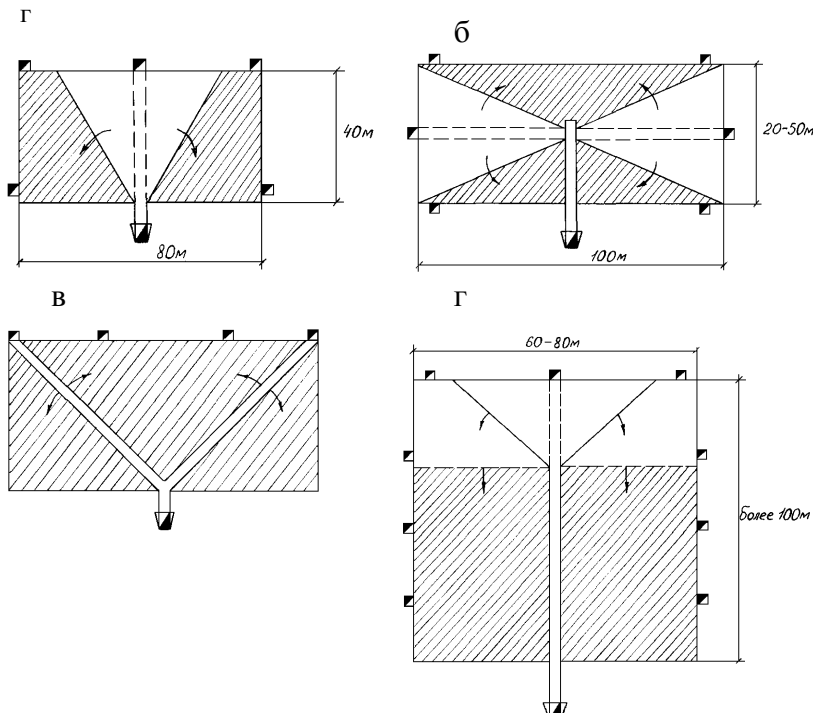


Рис. 7.13. Сплошные системы разработки радиальными лавами:

а - "односторонний веер";

б - "двусторонний веер";

в - "двусторонний веер" с диагональной подготовкой;

г - радиально-параллельные лавы

Очистная выемка двумя лавами начинается от разрезного штрека и ведется к бортам россыпи по радиальным направлениям, уходящим от скреперных лебедок в обе стороны (по часовой и против часовой стрелки). Выработанное пространство крепится костровой или органной крепью.

При варианте "двусторонний веер" (рис. 7.13 б) шахтное поле готовится к очистной выемке откаточным штреком 1 и двумя разрезными штреками 2 и 3. В этом случае шахтное поле отрабатывается четырьмя радиальными лавами.

Вариант "двусторонний веер с диагональной подготовкой" (рис. 7.13 в) позволяет снизить затраты на подготовку шахтного поля, так как в этом случае пески с четырех лав доставляются непосредственно к околоствольному двору 1.

Достоинствами сплошной системы разработки радиальными лавами являются малый объем подготовительно-нарезных работ, возможность быстрого ввода шахт в эксплуатацию

и большая гибкость, обеспечивающая возможность отработки россыпей весьма сложной конфигурации. Этот вариант сплошной системы разработки имеет такие недостатки, как переменная длина и неравномерное подвигание лав, сложность управления кровлей и повышенный расход леса. Это усложняет управление кровлей и ухудшает показатели БВР. По сравнению с параллельным подвиганием лав значительно труднее обеспечить безопасные подходы к запасным выходам (шурфам). Фронт очистных работ используется не полностью (в лучшем случае на 60 - 70 %), поэтому трудно обеспечить ритмичную работу шахты.

Сущность сплошной системы разработки с радиально-параллельными лавами (рис. 7.13 з) заключается в следующем. Очистные работы начинаются при радиальном подвигании лав. К параллельному подвиганию переходят после того, как лава займет нужное положение. Такое комбинированное подвигание лавы обеспечивает сокращение сроков ввода шахты в эксплуатацию, так как позволяет обходиться без проведения разрезных штреков на границе шахтного поля. Иногда могут переходить от параллельного к радиальному подвиганию лавы, что делается с целью доработки россыпи минимальным числом механизмов. Этот вариант сплошной системы разработки применяется при отработке сложных по конфигурации участков и в случае ожидаемого изменения границ шахтного поля в результате появления эксплуатационных прирезок.

В целом, сплошные системы разработки характеризуются небольшим удельным весом подготовительно-нарезных работ (10 – 12 %) и минимальными (по сравнению с другими системами) потерями песков (не более 2 - 3 %). В условиях узких неглубоких россыпей в породах I и III классов устойчивости такая система разработки является наиболее экономичной.

Недостатками сплошных систем разработки являются повышенный расход крепежных материалов и несовершенная схема проветривания.

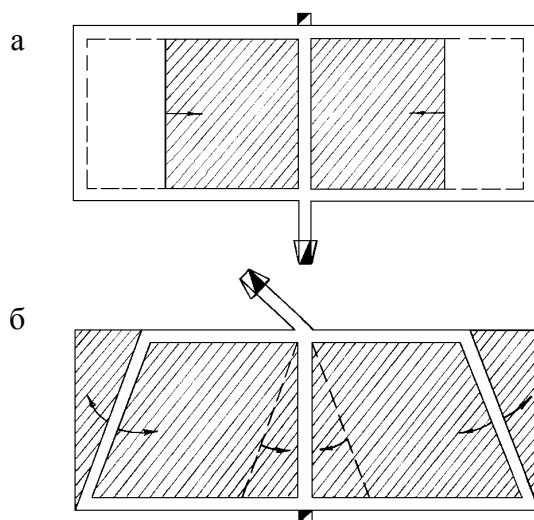
Столбовые системы разработки отличаются от сплошных тем, что до начала очистных работ шахтное поле разделяют на отдельные участки (столбы). Короткая сторона столба при этом является, как правило, линией очистного забоя (лавы). Столбовые системы разработки более прогрессивны по сравнению со сплошными и предпочтительны на широких и средней ширины россыпях с глубиной залегания более 20 м при устойчивых боковых породах. Управление кровлей при столбовых системах разработки осуществляется поддержанием крепью или целиками, плавным опусканием или обрушением.

Основные варианты столбовых систем разработки приведены в табл. 7.4 и отображены на рис. 7.14 и 7.15.

Таблица 7.4

Варианты столбовых систем разработки

Система разработки	Условия применения
Встречными лавами	Россыпи средней ширины
Встречными диагональными лавами	Узкие россыпи
Смежно-встречными лавами	Россыпи любой ширины
- без оставления целиков	Шахтные поля небольших размеров
- с барьерными целиками	Шахтные поля больших размеров
- с барьерными и околоштрековыми целиками	То же



Варианты столбовых систем разработки принципиально не отличаются от аналогичных вариантов сплошных систем разработки (табл. 7.3).

Рис. 7.14. Столбовые системы разработки:
а - встречными лавами;
б - встречными диагональными лавами

Отличие вариантов заключается в способах подготовки шахтного поля (временными пограничными вентиляционными шурфами при сплошных системах разработки и пограничными вентиляционными штреками - при столбовых).

Достоинствами столбовых систем разработки являются небольшие потери песков (2 - 4 %), возможность уточнения контура россыпи в процессе подготовки шахтного поля и совершенная схема проветривания.

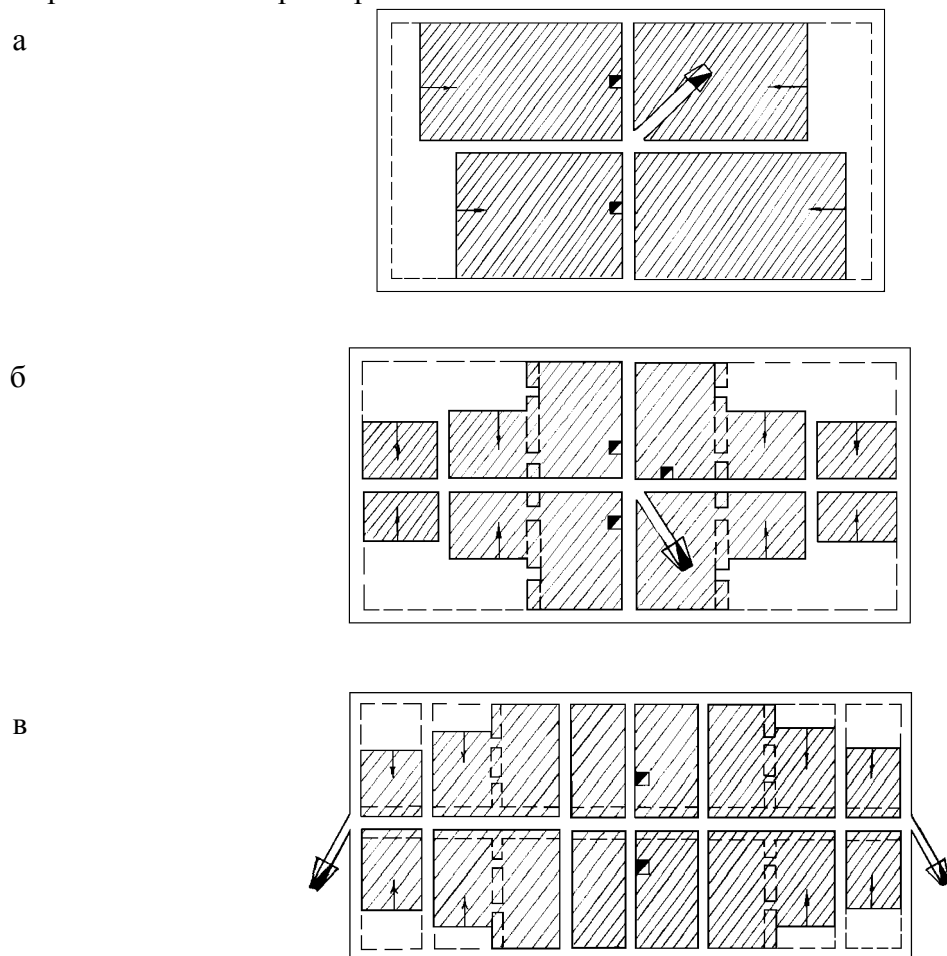


Рис. 7.15. Столбовые системы разработки смежно-встречными лавами:
а - без оставления целиков; б - с оставлением барьерных целиков;
в - с оставлением барьерных и околоштрековых целиков

Недостатками столбовых систем разработки являются относительно высокий удельный вес подготовительно-нарезных работ (15 - 20 %) и больший (по сравнению со сплошными системами) срок строительства шахты.

Камерные системы разработки отличаются от сплошных и столбовых систем тем, что площади обнажения (размеры камер) всегда меньше максимально допустимых, вследствие чего их, как правило, не крепят. Однако в камерах могут использовать крепь в тех случаях, когда существует опасность отслоений или вывалов пород кровли на отдельных участках.

При выемочной мощности пласта песков до 3 м возможно крепление кустами или одиночными стойками. Когда выемочная мощность пласта превышает 3 м, необходимо применять костровую крепь. Для повышения устойчивости кровли иногда применяют анкерную крепь с затягивающей сеткой.

Камерные системы применяют преимущественно при разработке пластов песков большой мощности (более 3 м), а также в тех случаях, когда другие системы разработки не могут быть использованы по соображениям безопасности работ или вследствие низких технико-экономических показателей. При камерной системе разработка ведется лавами небольшой длины с оставлением ленточных или столбчатых междукamerных целиков. Камеры могут располагаться вдоль или поперек шахтного поля. Размеры камер: ширина редко более 20 м, длина 10 - 45 м. Ширина междукamerных целиков (ленточных или столбчатых) 3 - 5 м. При разработке пласта песков мощностью до 3,5 м камеры отрабатывают сплошным забоем, при большей мощности - почвоуступным забоем. Высоту уступа принимают равной 1/3 выемочной мощности, ширину уступа - 3 - 4 м.

Основные варианты камерных систем разработки приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Варианты камерных систем разработки

Системы разработки	Условия применения
1. Камерно-лавная	Устойчивость пород кровли I-III классов
2. Камерно-столбовая	Устойчивость пород кровли II-IV классов
3. Камерная: - односторонними камерами - двусторонними камерами	Устойчивость пород кровли IV-V классов

Из всех вариантов камерных систем разработки наибольшее распространение получила *камерно-лавная*, как наиболее эффективная. Она сочетает в себе основные элементы камерной системы (по природно-производственным факторам) и сплошной - разработка лавами (по технологическим факторам).

Камера-лава - это очистная выработка, ограниченная междукamerными целиками, откаточным штреком и массивом горных пород, которая отрабатывается длинным забоем (лавой). Одна сторона целика камеры-лавы оконтуривается предварительно проводимым нарезным штреком, вторая сторона целика образуется забоем камеры-лавы при достижении установленной величины пролета. Подготовительные работы заключаются в проведении транспортного штрека, оконтуривающих штреков и парных нарезных штреков, разделяющих оконтуренную часть шахтного поля на пары камер. Очистная выемка камер осуществляется лавами. Ширина камер - 10 - 20 м, длина - до 45 м.

В породах I и II классов устойчивости при достаточно больших размерах шахтного поля, высокой пропускной способности главного транспортного штрека можно применять вариант камерно-лавной системы разработки без оставления межпанельных целиков с одновременным подвиганием лав всех панелей (рис. 7.16) штреков в каждой панели с одновременным усложнением схемы проветривания.

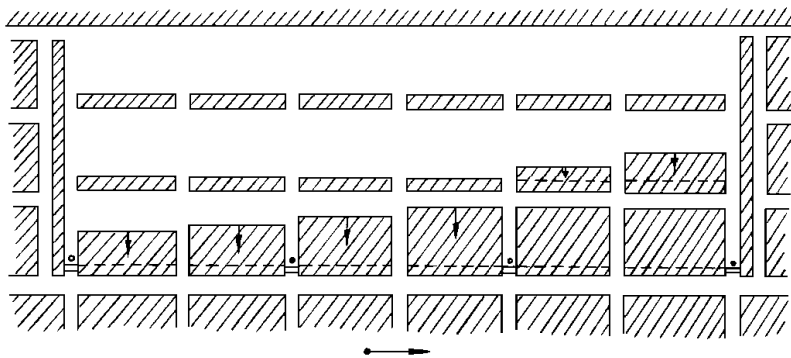


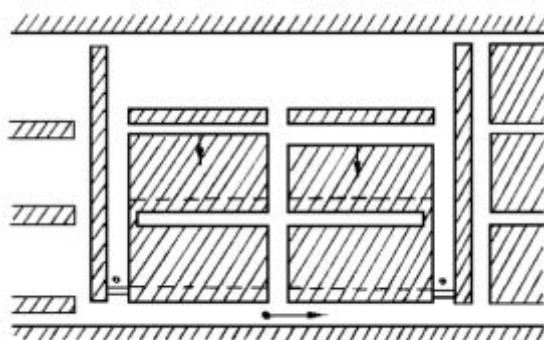
Рис. 7.16. Камерно-лазная система разработки без оставления межпанельных целиков с одновременным продвижением лав всех панелей

Камерно-лазная система разработки с последовательной отработкой панелей и оставлением межпанельных ленточных целиков (рис. 7.17) широко применяется в породах III класса устойчивости.

Изоляция панелей целиком позволяет повысить устойчивость сопряжения действующей лавы с выработанным пространством предыдущей панели и обеспечить независимое проветривание панелей и независимую их отработку.

При недостаточной устойчивости борта лавы на сопряжении с отработанной панелью в процессе отработки панели вдоль ее борта можно оставлять столбчатые целики длиной 8 м с просветом между ними 3 - 4 м (рис. 7.18).

В породах III и IV классов устойчивости иногда целесообразно смещать целики в соседних спаренных лавах (рис. 7.19). Такое расположение целиков соседних камер обеспечи-



вает более равномерное распределение напряжений в кровле очистных выработок в зоне их сопряжений с панельным транспортным штреком и с соседней отработанной панелью.

Рис. 7.17. Камерно-лазная система разработки с последовательной отработкой панелей с оставлением межпанельных ленточных целиков

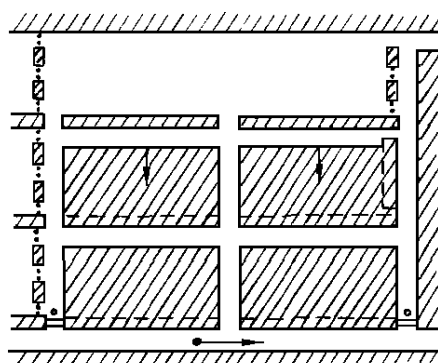
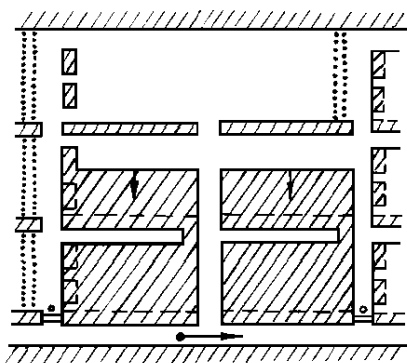
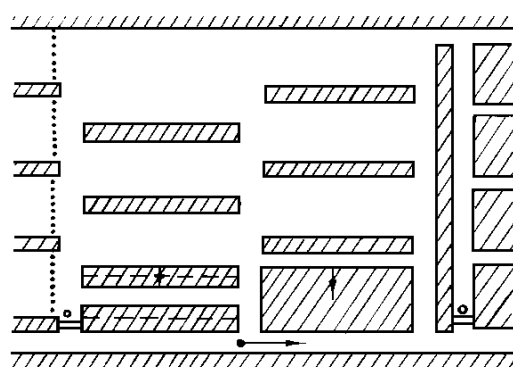


Рис. 7.18. Камерно-лазная система разработки с оставлением столбчатых межпанельных целиков:
а - со стороны отработанной панели;
б - со стороны панели, подлежащей отработке



Применение камер-лав является прогрессивным направлением при разработке многолетнемерзлых россыпей, сочетающим достоинства длинного и узкого забоя.

Основные преимущества камерно-лазной системы

разработки - высокая производительность, широкие возможности механизации трудоемких процессов добычи, резкое снижение расхода крепежного материала и трудоемкости управления кровлей.

Рис. 7.19. Камерно-лавная система разработки со смещенными целиками

Камерно-столбовая система разработки появилась в связи с внедрением самоходной горной техники на россыпях. Она отличается от камерно-лавной тем, что с целью увеличения числа забоев шахтное поле (или панель) отрабатывается не одной, а несколькими отдельными камерами, между которыми оставляются столбчатые опорные целики, оформляемые в процессе ведения очистных работ. Ширина очистных камер 10 - 20 м, длина - 9 - 15 м.

Порядок подготовки шахтного поля аналогичен тому, который применяется при камерно-лавной системе разработки. Отличие состоит в том, что подготовленную часть шахтного поля не разделяют штреками на камеры, последние образуются непосредственно в процессе очистной выемки. Очистные работы начинают из оконтуривающего штрека или панельного транспортного штрека и ведут их несколькими забоями по числу одновременно отрабатываемых камер с оставлением междукamerных столбчатых целиков.

Управление кровлей в камерах столбчатыми целиками позволяет оперативно регулировать размеры целиков в процессе очистных работ, что создает предпосылки для снижения потерь в них песков.

Для узких россыпей применяется вариант камерно-столбовой системы разработки без деления шахтного поля на панели (рис. 7.20 а).

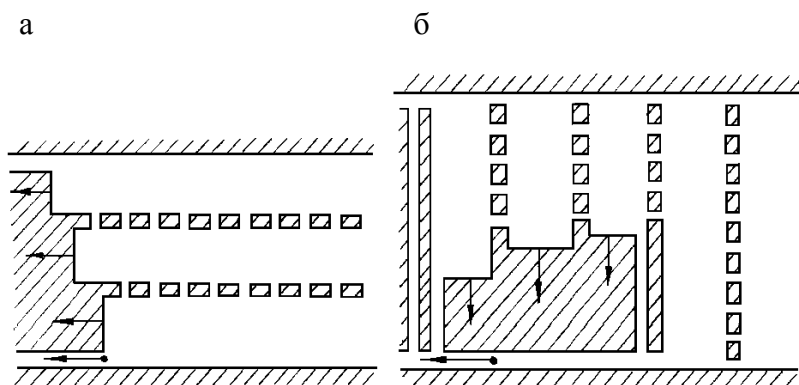


Рис. 7.20. Камерно- столбовая система разработки:
а - без деления шахтного поля на панели;
б - с делением шахтного поля на панели

При отработке широких россыпей предпочтительнее вариант системы разработки с делением шахтного поля на панели и оставлением межпанельных ленточных целиков (рис. 7.20 б). Последние при отработке панелей могут частично погашаться по мере продвижения очистного забоя.

Достоинствами камерно-столбовой системы разработки по сравнению с камерно-лавной являются более благоприятные условия для эффективной работы самоходного оборудования; меньший удельный вес нарезных работ и как следствие этого, сокращение сроков подготовки и отработки запасов; повышение производительности труда и снижение себестоимости добычи; более высокий уровень безопасности и улучшение условий труда.

В породах V и частично IV классов устойчивости рекомендуется применять камерную систему разработки с односторонними или двусторонними камерами (рис. 7.21).

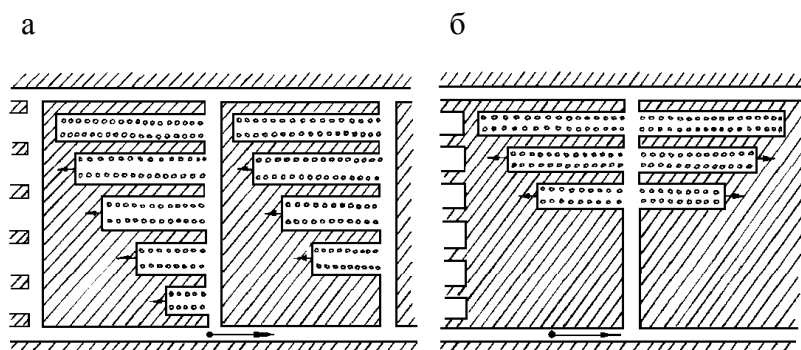


Рис. 7.21. Камерная система разработки:
а - с односторонними камерами; б - с двусторонними камерами

Ширина камер принимается в пределах 3-6 м в зависимости от устойчивости пород кровли. Длина камер зависит от устойчивости устья камеры в конкретных условиях, возможности эффективного проветривания и производительности доставочных механизмов. Обычно длина камер принимается в пределах 30 - 60 м. При удовлетворительном состоянии устья камеры можно применять двусторонние камеры. В этом случае уменьшается число панельных штреков, повышается коэффициент использования оборудования (одна скреперная лебедка может обслуживать две противоположные камеры) и нагрузка на панельный штрек.

Достоинства камерных систем в целом являются: безопасность работ, высокая производительность труда рабочих на очистных работах и небольшой расход крепежных материалов.

Недостатками камерных систем являются значительный удельный вес подготовительных работ (20 - 25 %) и повышенные потери песков в междукamerных целиках (4 - 10 %).

Погашение целиков обычно планируется в объеме 40 - 50 %, но далеко не во всех случаях оно может быть достигнуто, в основном, по фактору устойчивости пород кровли.

Широкое применение камерных систем разработки объясняется высокой степенью безопасности работ, но не всегда оправдано экономически. В тех случаях, когда устойчивость кровли допускает применение сплошных или столбовых систем, выбор системы разработки должен подтверждаться технико-экономическими расчетами, в которых необходимо учитывать затраты на подготовительные работы и ценность теряемых песков.

Комбинированные системы разработки могут оказаться целесообразными при разработке сложных по конфигурации россыпей с переменной мощностью торфов и пласта песков. В этом случае в пределах одного шахтного поля применяются одновременно или в определенной последовательности различные системы разработки. Из многочисленных возможных комбинаций систем разработки основными являются сочетания, в которых

использованы элементы сплошной и столбовой, а также камерной и сплошной систем разработки (рис. 7.22).

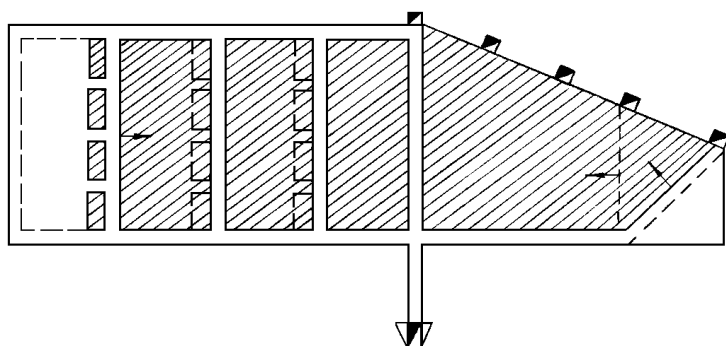


Рис. 7.22. Комбинированная система разработки (левое крыло шахтного поля отрабатывается камерной системой, а правое - сплошной)

При разработке больших шахтных полей с пластом песков мощностью до 3 м приме-

няют комбинацию сплошной и столбовой систем. Участки, где мощность пласта песков превышает 3 м, отрабатываются камерной системой разработки.

Комбинированные системы разработки обладают достоинствами и недостатками тех систем, из которых они составлены. При этом технико-экономические показатели (ТЭП) комбинированных систем занимают промежуточное положение между ТЭП соответствующих основных систем разработки.

7.4. Выбор системы разработки

От принятой системы разработки зависят такие важнейшие показатели шахты, как производительность труда горнорабочих, себестоимость добычи песков, их потери и разубоживание, приведенные затраты и получаемая прибыль. Поэтому выбор системы разработки представляет одну из самых ответственных задач при проектировании шахт.

Основными требованиями к системам разработки при их выборе являются следующие:

- безопасные условия труда;
- минимальный объем подготовительно-нарезных работ;
- экономически допустимые потери и разубоживание песков;
- минимальная себестоимость добычи песков;
- возможность применения высокопроизводительного горного оборудования.

На выбор системы разработки оказывают влияние многочисленные и разнообразные факторы, которые можно разделить на две группы:

- горно-геологические, определяемые условиями залегания и физико-механическими свойствами пласта песков и торфов;
- горнотехнические, определяемые техническими средствами производства горных работ.

К горно-геологическим факторам относятся:

- физическое состояние наносов (мерзлое или талое);
- глубина залегания пласта песков;
- устойчивость кровли пласта песков;
- валунистость продуктивного пласта;
- характер плотика;
- водоносность россыпи;
- ширина и конфигурация россыпи;
- мощность пласта.

К горнотехническим факторам относятся:

- срок службы шахты;
- производственная мощность шахты;
- способ управления кровлей;
- технические средства производства очистных работ.

8. ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ

При отработке талых россыпей пески из шахты поступают сразу на промывку, поэтому отвалы песков отсутствуют. При отработке мёрзлых россыпей промывка песков возможна только в тёплое время года, поэтому добытые в холодный период времени пески выкладывают на земной поверхности в отвалы.

При выборе формы отвала песков обычно руководствуются следующими соображениями:

- пески должны складироваться компактно, чтобы затраты на формирование отвала были минимальными;
- форма отвала и его ориентация относительно сторон света должны обеспечивать эффективное оттаивание песков в тёплый период времени.

К отвалообразованию предъявляются следующие требования:

- площадка под отвал должна быть расчищена и спланирована;
- отвал следует размещать таким образом, чтобы *инсоляция* (облучение поверхности Земли солнечной радиацией) была максимальной;
- форма отвала должна соблюдаться в процессе его отсыпки;
- ось симметрии отвала должна быть ориентирована на север, чтобы воспринимаемый отвалом поток солнечной радиации был максимальным;
- приёмный бункер промывочного прибора следует размещать на минимальном расстоянии от центра тяжести отвала (для обеспечения минимальных затрат на подачу песков к промывочному прибору).

Различают следующие формы отвала:

- клиновидный сектор (рис. 8.1 а);

- конусный (рис. 8.1 б);
- плоский;
- гребенчато - кольцевой (рис. 8.2).

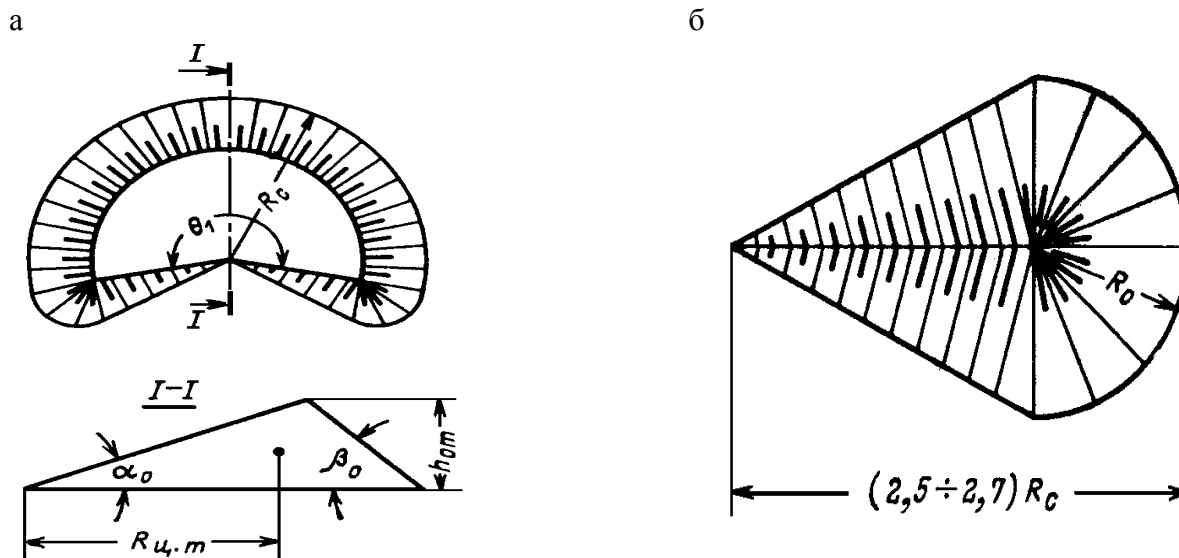


Рис. 8.1. Схемы клиновидного (а) и конусного (б) отвалов песков:
 α_0 - угол заложения; β_0 - угол откоса; R_c - радиус сектора;
 θ_1 - угол сектора; $h_{от}$ - высота отвала

В подавляющем большинстве случаев отвалы песков формируют и в дальнейшем разваловывают бульдозерами. В этом случае наиболее рациональной формой отвала является *клиновидный сектор*.

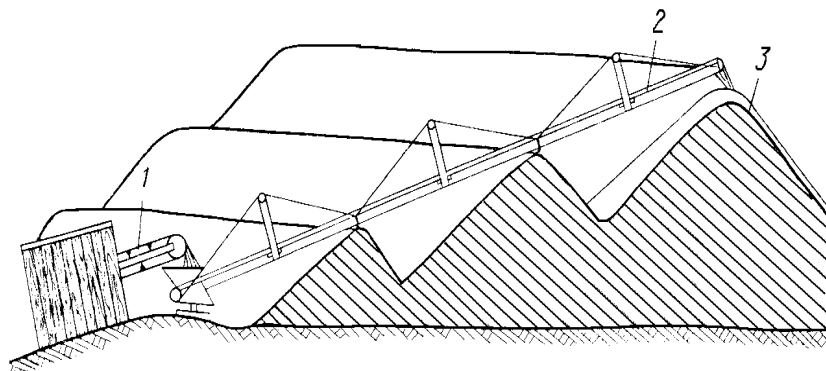


Рис. 8.2. Схема формирования гребенчато-кольцевого отвала с использованием стакера:
 1 - конвейер, установленный в наклонном стволе;
 2 - стакер; 3 - гребенчато-кольцевой отвал

При скиповом подъёме песков по наклонному стволу и суточной производительности шахты до 150 м^3 рациональным является *конусный* отвал. Недостатком конусного отвала является большой объём работ по его преобразованию в плоский перед началом промывки песков.

При больших объёмах складироваемых песков (более 150 м^3) рекомендуется *плоский* отвал (в форме усечённой пирамиды), который формируется консольным отвалообразователем (стакером) и бульдозером или автосамосвалом и бульдозером. Достоинством плоского отвала является независимость работы подъёма песков в стволе от отвалообразования.

При годовой производительности более 50 - 60 тыс. м³ наиболее экономичны отвалы *гребенчато-кольцевой* формы, формируемые стакером. Пески в таких отвалах не уплотняются в процессе отвалообразования, а процессы последующей разваловки и промывки упрощаются.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Емельянов В.И., Мамаев Ю.А., Кудлай Е.Д. Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей. М.: Недра, 1982. 240 с.
2. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Недра, 1985. 568 с.
3. Скуратов А.И. Технология разработки россыпных месторождений подземным способом. Учебное пособие. Иркутск: ИПИ, 1969. 259 с.
4. Справочник по разработке россыпей. Под общей редакцией В.П. Березина, В.Г. Лешкова, Л.П. Мацуева, С.В. Потемкина. М.: Недра, 1973. 592 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткие сведения о геологии россыпных месторождений.....	3
1.1. Общие понятия	3
1.2. Вертикальное строение россыпей и элементы их залегания	4
1.3. Типы россыпей	5
1.4. Производственная характеристика россыпей.....	7
2. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ РОССЫПЕЙ.....	11
2.1. Общие сведения	11
2.2. Разработка россыпей открытым способом.....	11
2.3. Подземная разработка россыпей.....	12
2.4. Особенности подземной разработки талых и многолетнемерзлых россыпей.....	13
3. ОСУШЕНИЕ РОССЫПЕЙ.....	15
3.1. Общие сведения	15
3.2. Отвод поверхностных вод.....	15
3.3. Отвод подземных вод	16
4. ВСКРЫТИЕ РОССЫПЕЙ	20
4.1. Способы вскрытия	20
4.2. Схемы вскрытия.....	21
5. ПОДГОТОВКА РОССЫПЕЙ.....	25
6. технологические процессы очистных работ.....	30
6.1. Общие сведения	30
6.2. Отбойка песков	30
6.3. Доставка песков	31

6.4. Крепление очистных забоев	32
6.5. Управление кровлей	36
7. Системы разработки россыпей.....	39
7.1. Общие сведения	39
7.2. Системы разработки талых россыпей.....	39
7.3. Системы разработки вечномерзлых россыпей.....	49
7.4. Выбор системы разработки	58
8. ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ	59
Список использованных источников.....	61

Учебное текстовое электронное издание

**Горбунов Валентин Иванович
Айбиндер Игорь Израилевич**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ
РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Учебное пособие

Издается полностью в авторской редакции
0,77 Мб
1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2013 год
ФГБОУ ВПО «МГТУ»
Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
Кафедра подземной разработки месторождений полезных ископаемых
Центр электронных образовательных ресурсов и
дистанционных образовательных технологий
e-mail: ceor_dot@mail.ru