

€
440
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

МАГНИТОГОРСКИЙ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ Г. И. НОСОВА

На правах рукописи

Горный инженер М. А. ЯКОВЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РУДЫ
В РУДНОЙ КОРКЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЕРНО-СТОЛБОВЫМИ
СИСТЕМАМИ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ

(на примере Кадамджайского рудника)

Автореферат
диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Магнитогорск 1965

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

МАГНИТОГОРСКИЙ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ Г. И. НОСОВА

На правах рукописи

Горный инженер М. А. ЯКОВЛЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РУДЫ
В РУДНОЙ КОРКЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЕРНО-СТОЛБОВЫМИ
СИСТЕМАМИ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ

(на примере Кадамджайского рудника)

Автореферат
диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель — профессор,
доктор технических наук
Д. М. БРОННИКОВ

Магнитогорск 1965

А 40

OK

Производственные наблюдения и эксперименты выполнены на Кадам-джайском руднике Южного горно-металлургического комбината им. М. В. Фрунзе. Лабораторные исследования проведены в лаборатории техники и технологии подземной разработки рудных месторождений Института физики и механики горных пород Академии наук Киргизской ССР.

Академия наук Киргизской ССР

Объединенный Ученый Совет Отделения естественных и технических наук г. Фрунзе, ул. Пушкина, 78 № « » 1965 г.

Уважаемый товарищ

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Объединенного Ученого Совета, посвященном защите диссертации, или прислать свои отзывы.

О дне и времени защиты за 10 дней будет опубликовано в газете «Магнитогорский рабочий».

Предварительно защита намечена на « . . . » 1965 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзывы в двух экземплярах просьба направлять по адресу:

г. Магнитогорск, 4, пр. Ленина, 38, Магнитогорский горнометаллургический институт, секретарю Ученого Совета.

Дата отправки автореферата « . . . » 1965 г.

Ученый секретарь —

А. И. БОРОХОВИЧ.

Центральная научная
Библиотека
Академии наук Киргизской ССР

ВВЕДЕНИЕ

Осуществление величественной программы построения коммунистического общества в нашей стране и создание за короткое время его материально-технической базы требуют резкого увеличения производства всех видов промышленной продукции.

Выполнение этой задачи связано с необходимостью значительного повышения производительности труда на основе совершенствования существующих, создания и внедрения новых технологических процессов в горнорудной промышленности и рационального использования запасов полезных ископаемых. В настоящее время перспективными системами разработки, позволяющими полностью механизировать производственные процессы на основе новейших достижений науки и техники, являются системы с открытым очистным пространством. Крупный недостаток их применения — высокие потери руды, в основном в целиках различного назначения.

При разработке камерно-столбовыми системами рудных тел в сложных горно-геологических условиях с неустойчивыми вмещающими породами обычно оставляют рудную корку. Опыт применения камерно-столбовой системы разработки с рудной коркой показывает, что она далеко не всегда является эффективным средством предохранения от обрушения. В то же время сложный рудный контур и неравномерное оруденение служат дополнительной причиной повышенного разубоживания и потерь руды в этих условиях.

В настоящее время для поддержания пород всячего бока применяются различные виды крепления, которые при камерно-столбовой и сплошной системах разработки ведут к снижению потерь в целиках. В связи с этим при рассмотрении применения камерно-столбовой и сплошной систем разработки в сложных горно-геологических условиях необходимо исследовать методы поддержания пород всячего бока различными способами.

В целом метод исследований включает обобщение и анализ данных литературы, производственные наблюдения, лабораторные опыты, экспериментальные работы в производственных условиях и технико-экономические расчеты.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций производству и содержит 156 страниц машинописного текста, 71 рисунок, 32 таблицы в тексте и 22 — в приложении.

ГЛАВА I

ПРИМЕНЕНИЕ КАМЕРНО-СТОЛБОВЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РУДНИКАХ

Камерно-столбовые системы разработки все шире используются на горнорудных предприятиях Советского Союза и за рубежом. Опыт разработки месторождений этими системами показал, что их применение предпочтительней в следующих условиях:

- 1) крепкие и устойчивые вмещающие породы и рудный массив;
- 2) четкие прямолинейные контакты с вмещающими породами;
- 3) пологое и наклонное залегание рудных тел;
- 4) невысокая ценность руды;
- 5) равномерное оруденение.

Однако имеется много примеров применения этих систем разработки в сложных горно-геологических условиях. Особенно затруднительно использование их при наличии в кровле неустойчивых вмещающих пород.

Кадамджайский рудник, где добыча руды производится камерно-столбовой системой разработки и с магазинированием руды, можно отнести к месторождениям с весьма сложными горно-геологическими условиями по следующим причинам:

1. Висячем боку залегают слабые неустойчивые породы — углисто-глинистые сланцы с коэффициентом крепости по шкале проф. Протодяконова $f=2-4$.
2. Наличие многочисленных тектонических нарушений.
3. Неравномерный характер оруденения как по мощности рудного тела, так и по площади.
4. Мощность рудного тела изменяется от 1 до 20 м, составляя в основном на нижележащих горизонтах до 6,0 м.

5. Невыдержанный угол падения рудного тела. Для пологопадающих участков месторождения он изменяется от 10 до 40°.

Рудное тело на месторождении приурочено к рудовмещающему горизонту роговиково-джаспероидной брекчии с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова $f=10-15$.

В связи с малой устойчивостью сланцев для их поддержания на руднике оставляют предохранительную рудную корку, мощностью до 1,5 м.

Таким образом на месторождениях, где в кровле камер оставляется рудная корка, возникают дополнительные потери руды.

Высокие потери руды, а в сложных горно-геологических условиях и относительно высокое разубоживание, в значительной степени ухудшают технико-экономические показатели камерно-столбовых систем разработки и ограничивают область их применения.

Анализ потерь и разубоживания руды, проведенный по данным Кадамджайского рудника, позволил установить основные причины их возникновения и величину.

Он показал, что часть потерь в целиках даже в сложных горно-геологических условиях может быть предварительно рассчитана из соотношения поперечных размеров целиков и отработанных площадей рудного тела.

Величину потерь в оставляемой рудной корке можно определять по формуле:

$$T\% = \frac{h}{m} Z \cdot 100;$$

где h — мощность рудной корки, м;

m — мощность рудного тела, м;

z — коэффициент, учитывающий площадь, занимаемую рудной коркой.

Так как контроль за потерями и разубоживанием руды является одним из путей их снижения, то необходимо применять их правильный и оперативный учет. Для камерно-столбовых систем разработки таковым является прямой метод учета, позволяющий определять эти показатели по отдельным элементам в ходе отработки на основе непосредственных замеров.

Анализ показал, что в рудной корке теряется до 6—8% запасов руды, что составляет 30% от всех потерь. Вследствие этого необходимо разрабатывать мероприятия по снижению потерь в рудной корке.

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ВИСЯЧЕГО БОКА
ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ**

Оставление рудной корки для поддержания неустойчивых пород основано на создании естественных устойчивых конструкций. Одним из важнейших путей снижения потерь в ней является уменьшение ее мощности. С этой целью, а также для выяснения необходимости оставления рудной корки, был проведен анализ состояния очистных работ и выработанного пространства на Кадамджайском руднике.

Установлено, что оставляемая рудная корка мощностью 1—1,5 м обрушивается в ходе очистных работ. Устойчивое состояние кровли камер во время их отработки обеспечивается оставлением рудной корки или слоя окремненных сланцев мощностью не менее 2—2,5 м. Породы основной кровли, представленные углисто-глинистыми сланцами, неустойчивы при ширине камер 7 м и начинают обрушаться вслед за их обнажением.

Следовательно, в условиях Кадамджайского рудника для предохранения от обрушения основной кровли необходимо применять искусственные способы ее поддержания.

В настоящее время при отработке маломощных залежей довольно широко распространена деревянная распорная крепь. На угольных шахтах при неустойчивых породах кровли и высокой интенсивности очистной выемки (до 200 м/месяц) такое крепление позволяет отрабатывать камеры шириной до 15 м.

Вследствие более низкой интенсивности очистной выемки (до 7—15 м/месяц) на рудниках распорное крепление применяется в основном только при породах кровли средней и выше средней устойчивости. Лишь в случае устойчивых пород кровли оно позволяет отрабатывать блоки с большими обнажениями кровли.

Однако опыт использования распорного крепления показал, что практически оно применимо для отработки залежей с выемочной мощностью камер до 3—3,5 м.

В настоящее время для поддержания пород широкое применение находит штанговая крепь.

Как установлено исследованиями укрепление пород кровли металлическими штангами при камерно-столбовых системах разработки осуществляется путем придания штангам необходимого натяжения в 3—5 т, которое и должно поддержи-

ваться в ходе очистной выемки. Следовательно закрепление замков штанг должно обеспечивать поддержание этого натяжения. Однако до сих пор не установлена надежность закрепления замков в таких слабых породах, как углисто-глинистые сланцы с коэффициентом крепости ниже 5. Поэтому нами на руднике Кадамджай были проведены испытания закрепления замков клино-щелевых и распорных штанг в углисто-глинистых сланцах с $f=1-3$ и окремненных сланцах с $f=6-8$. В процессе опытов изменяли диаметр шпуров от 30 до 46 мм и размеры замков.

Эксперименты показали, что в углисто-глинистых сланцах при бурении с промывкой замки штанг клино-щелевого и распорного типов закрепляются слабо и не могут обеспечить необходимого натяжения. В окремненных сланцах замки клино-щелевого типа выдерживали нагрузку от 4 до 6 т.

Применение металлических штанг для крепления неустойчивых пород кровли имеет еще один недостаток — оно требует предварительного обнажения этих пород и не обеспечивает необходимой безопасности при производстве работ.

Опыт использования железобетонных штанг показал, что они применимы в различных горно-геологических условиях, а цементный камень хорошо сцепляется с большинством материалов. Следовательно, железобетонные штанги должны обеспечивать необходимую несущую нагрузку и в слабых неустойчивых породах. Технология крепления горных пород этими штангами позволяет устанавливать их различными способами.

Таким образом, для поддержания неустойчивых пород кровли могут быть использованы железобетонные штанги. Крепление этими штангами должно производиться за рудной коркой, до обнажения неустойчивых пород. Такой способ установки позволяет обеспечить безопасность работ по креплению. Вследствие этого для поддержания неустойчивых пород и ликвидации потерь в рудной корке нами разработан метод предварительного укрепления в глубине массива с последующей выемкой рудной корки.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ
ВИСЯЧЕГО БОКА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ШТАНГАМИ И
ПРОПИТКОЙ РАСТВОРАМИ**

Для применения метода предварительного укрепления в глубине массива были разработаны две технологические схемы производства работ.

По первой схеме в глубине массива устанавливаются железобетонные штанги и производится частичная пропитка пород цементными растворами по трещинам. Установлено, что трещиноватость в значительной степени влияет на устойчивость кровли и только за счет ее ликвидации можно увеличить ширину камер на 20—30%. С целью отработки технологии укрепления пород по этой схеме были проведены соответствующие эксперименты по нагнетанию цементных растворов с использованием насосов РН-1 и 100/30, трубчатых иньекторов, а также штанг с запирающими устройствами.

Вследствие малого давления и большого веса насосов, а также недостатков в конструкции иньекторов и штанг от них пришлось отказаться.

Для производства работ были сконструированы и опробованы насос с пневмоприводом, развивающий давление до 100 атм, иньекторы с запирающим устройством и стержни штанг. В ходе исследования в трещиноватые углисто-глинистые сланцы нагнетались цементные растворы с водоцементным отношением 4:1; 2:1; 1:1, которые подавались в шпур под давлением в 20, 40, 60 атм с замерами расхода раствора через 10, 20, 30 мин. Также были проведены испытания этих растворов в лабораторных условиях на содержание компонентов, выход цементного камня и количество воды в нем.

Эти исследования показали возможность использования нагнетания цементных растворов для укрепления трещиноватых пород. Для трещиноватых углисто-глинистых сланцев оказался наиболее подходящим раствор с водоцементным отношением 1:1, подаваемый под давлением 40 атм в течение 20 минут.

Для предварительного укрепления малотрещиноватых пород была разработана вторая технологическая схема. Суть ее состоит в подаче цементного раствора из нагнетательного сосуда под действием сжатого воздуха в шпур на необходимую глубину с помощью удлиненной насадки. Затем в шпур вводится стержень штанги. В ходе исследований для установки штанг был выбран цементный раствор с водоцементным отношением 0,37:1. Таким образом, метод предварительного укрепления пород основан на установке железобетонных штанг и частичной пропитке массива цементными растворами.

Для определения исходных данных к расчету железобетонных штанг и их конструированию нами проведено несколько серий опытов, в ходе которых использовался пуццолановый портландцемент марки 400 и портландцемент марки 400. Для определения сцепления цементного камня с углисто-глини-

стыми сланцами ($f=3-4$), окремненными сланцами ($f=6-8$) и окремненными брекчиями ($f=10-12$) в них были пробурены шпур глубиной 30—50 см, в которые вставлялись стержни с шайбой на конце и залит раствор с водоцементным отношением 0,8—1. Выдергивание этих стержней показало, что разрушение штанги происходит по цементному камню и сцепление в этих породах составляет 4—6 кг/см² через одни сутки. Добавка 2% хлористого кальция повышает сцепление в первые сутки примерно в 1,5 раза.

В ходе исследований определялось сцепление стержней из стали гладкого профиля $d=18$ мм и периодического профиля № 16 длиной 200 мм с цементным камнем и бетонными камнями состава цемент: песок 1:1 и 1:2. Установлено, что сцепление с цементным камнем стержней гладкого и периодического профилей почти одинаково. Сцепление бетонных камней со сталью периодического профиля значительно выше, особенно для камня состава цемент: песок 1:1. Нарастание сцепления происходит в основном в первые 7 суток твердения и не зависит от диаметра стержня.

Были проведены исследования влияния толщины цементного камня на несущую способность штанг. Штанги устанавливались в трубах с различной поверхностью обработки. Исследования показали, что наибольшей несущей способностью обладают штанги с минимальной толщиной цементного камня, а их разрушение происходит на границе сцепления стержень—цементный камень. Для установления влияния первоначального натяжения на железобетонные штанги проводились опыты по натяжению штанг, установленных в трубах. На стержнях штанг укреплялись тензометрические датчики, которые показывали напряжение в местах закреплений. В ходе опытов было установлено, что натяжение при недостаточном сцеплении разрушает штангу, а при большом сцеплении—только создает напряжение в месте приложения нагрузки. Это показывает, что установка пластин-подхватов и натяжение железобетонных штанг не является необходимым условием их работы в закрепленной кровле.

Определение ширины закрепленной кровли камер для конкретных условий Кадамджайского рудника производилось на основе теории предельных пролетов проф. В. Д. Слесарева по формуле

$$L_3 = \Delta \sqrt{\frac{3kk_{p.l}h}{\gamma}};$$

где L_3 — ширина закрепленной кровли, м;

- Δ — коэффициент интенсивности очистной выемки;
 k — коэффициент укрепления кровли;
 h — мощность скрепляемой кровли, м;
 $k_{p.d.}$ — действительный предел прочности породы на растяжение в массиве, т/м²;
 γ — объемный вес породы, т/м³.

Исследования показали, что при креплении кровли железобетонными штангами деформация ее происходит в виде изгиба и расслоения. Изгиб создает напряжения в самой кровле, а расслоение через сцепление вызывает в стержне штанги растягивающие напряжения. При этом нагрузка суммируется по длине штанги в глубь массива и сечение стержня в любом месте определяется по формуле

$$S_m = \frac{\sum_{m=1}^n e^2 \gamma_m h_m}{\sigma_{p.d.}}$$

- где S_m — площадь сечения стержня, см²;
 γ_m — объемный вес породы, кг/см³;
 h_m — высота монолитного участка, см;
 $\sigma_{p.d.}$ — допустимая прочность материала стержня штанги на растяжение, кг/см²;
 n — число слоев и элементарных блоков, ограниченных трещинами по длине штанги.

При креплении трещиноватых или слоистых пород кровли только железобетонными штангами верхняя их часть будет испытывать максимальную нагрузку, которая, исходя из условий сцепления, будет определять конструктивные размеры и параметры штанги, отвечающие следующим условиям:

$$\pi B D l_{тр} > e^2 (h - l_{тр}) \gamma;$$

$$\pi A_t d l_{тр} > e^2 (h - l_{тр}) \gamma;$$

$$S > \frac{e^2 (h - l_{тр}) \gamma}{\sigma_{p.d.}}$$

- где B — сцепление породы с цементным камнем, кг/см²;
 A_t — сцепление стержня с цементным камнем, кг/см²;
 e — расстояние между штангами, см;
 D — диаметр шпура, см;
 S — площадь сечения стержня штанги, см²;
 d — диаметр стержня, см;
 h — мощность укрепленного слоя кровли, см;
 $l_{тр}$ — мощность верхнего слоя кровли или среднее расстояние между трещинами, см.

Исследованиями установлено, что наиболее слабым звеном в конструкции железобетонных штанг является сцепление между цементным камнем и стержнем. Вследствие того, что породы кровли стремятся расслоиться и их суммарный вес передается верхней части стержня, железобетонные штанги, установленные в сильно трещиноватых породах, должны иметь в верхней части замок в виде утолщения. Установка железобетонных штанг с пропиткой трещиноватых пород цементными растворами позволит сделать кровлю более монолитной и равномерней распределить нагрузку по длине штанги.

Проведенные экспериментальные работы по разработке технологических основ предварительного укрепления пород, исследования конструктивных параметров железобетонных штанг и метода их расчета проверены в опытной камере блока 28-II. В ней из пройденных осевых восстающих проведена верхняя подрезка с оставлением рудной корки мощностью 1—2 м. Вслед за подрезкой в пробуренные через рудную корку шпуры устанавливались железобетонные штанги длиной 2—2,2 м по сетке 1×1 м. Выемка рудной корки производилась с отставанием от подрезки на 3—4 м.

Для определения состояния закрепленной кровли в камере проводились сейсмоакустические наблюдения за проявлением горного давления на основании ранее разработанной нами шкалы шумности (табл. 1). Они показали, что состояние закрепленной кровли было удовлетворительным.

Таблица 1

Количество звуков в минуту	Состояние пород кровли
0—5	Деформация без внешних проявлений
6—9	Образование трещин и заколов
10—14	Небольшие обрушения
15—22	Крупные вывалы. Предобвальное состояние кровли.

Проведенные в опытной камере наблюдения за деформацией и расслоением пород кровли позволили установить, что при деформации в 17—20 мм расслоение достигало десятых долей миллиметра при установке железобетонных штанг без пластин-подхватов. Однако с закрепленной кровли происходило отслоение небольших кусков породы. Вследствие этого при

длительной отработке камер или их большой высоте требуется установка пластин-подхватов больших размеров или сплошная затяжка кровли.

В ходе эксперимента рудная корка в опытной камере была отработана на 90% при экономии на тонну руды из нее без учета ценности 0,41 руб.

Проведенные исследования показали пригодность применения метода предварительного укрепления пород кровли в ходе очистной выемки и позволили установить основные технические условия для выбора вариантов камерно-столбовых систем разработки при неустойчивых породах кровли.

ГЛАВА IV

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РУДЫ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

Значительные потери и разубоживание руды при применении камерно-столбовых систем разработки в сложных горно-геологических условиях вызываются также недоразведкой рудного тела. Очевидно, что при выемке рудной корки необходимо точно устанавливать контакт рудного тела с вмещающими породами.

В ходе отработки опытной камеры при разбурировании кровли по сетке 1×1 м были проведены наблюдения за содержанием и литологическим составом пород с помощью метода рассеянного гамма-излучения, а также по шламу и скорости бурения. При сопоставлении данных, полученных обоими способами было установлено, что определение контакта по шламу и скорости бурения не менее точно, чем методом рассеянного гамма-излучения.

С целью выяснения частоты бурения шпуров для контроля за профилем основной кровли были проанализированы элементы изменения контакта по их удельному весу и средне-взвешенной длине в общем количестве и длине. Анализ показал, что расстояние между контрольными шпурами при проходке верхнего осевого восстающего должно составлять не более 2—3 м.

Проведенные исследования позволили разработать технические условия для выбора и конструирования камерно-столбовых систем разработки в условиях Кадамджайского рудника.

При наличии в кровле пласта устойчивых кремневых сланцев отработку камер необходимо вести потолкоуступным вариантом с креплением обнаженной кровли металлическими или железобетонными штангами. Вторым должно быть отдано предпочтение как более совершенным и экономичным. Снижение затрат при применении железобетонных штанг составит не менее 1,2 рубля на один комплект. Когда основная кровля представлена слабыми и неустойчивыми породами, выемка рудной корки производится после предварительного укрепления этих пород в глубине массива. Крепление осуществляется вслед за верхней подрезкой камер. При большой выемочной мощности и длительной отработке камер необходимо применять сплошную затяжку кровли. Отработка оставшегося рудного массива в почве верхней подрезки производится в соответствии с конкретными горно-геологическими условиями.

С целью установления возможности применения предлагаемых способов отработки рудной корки нами была определена экономическая целесообразность ее выемки при разной мощности, различных способах укрепления пород кровли и изменении содержания металла в руде.

Расчеты показали, что выемка рудной корки при окисленности 58% экономически целесообразна при мощности 0,7 м и выше и содержании металла в руде не ниже 1,6%, а при окисленности 40% — рентабельна при мощности рудной корки 0,5 м и выше и содержании металла не ниже 1,4%.

Проведенные исследования позволили сделать некоторые выводы о возможности увеличения камерных запасов и снижения потерь в междуканальных целиках. В настоящее время в основном отрабатываются целики с высоким содержанием полезного компонента в руде. Это приводит к их выборочной выемке и большим затратам на тонну добываемой руды.

Практика показывает, что увеличение камерных запасов приводит к уменьшению потерь руды. Расчеты, проведенные для условий Кадамджайского рудника, показали, что при наличии в кровле закрепленного штангами пласта кремневых углисто-глинистых сланцев ширину камер можно увеличить до 10—11 м. Однако при наличии в кровле неустойчивых углисто-глинистых сланцев и низкой интенсивности очистных работ ширину камер увеличивать не следует. В этом случае для повышения камерных запасов необходимо оставлять временные целики, а ширину камер принимать меньше существующей (4 м). После окончания отработки камер и крепления кровли в очень короткое время производится выемка оставших временных целиков, т. е. фактически достигается ис-

кусственная интенсификация очистной выемки при большой ширине камер. Основные междукамерные целики оставляются в меньшем количестве с размерами, достаточными для поддержания налегающей толщи пород. Если по условиям поддержания налегающих пород ни размеры, ни количество основных междукамерных целиков нельзя уменьшить, то их необходимо оставлять ленточными. В этом случае ширина ленточных целиков должна быть достаточной для последующей отработки системой подэтажного обрушения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Одним из наиболее существенных недостатков камерно-столбовых систем разработки являются большие потери руды, особенно в сложных горно-геологических условиях. При применении этих систем для отработки рудных тел, залегающих в неустойчивых вмещающих породах, в кровле камер часто оставляют рудную корку. При отсутствии спайности ее с основной кровлей и интенсивной трещиноватости рудная корка при существующих параметрах камерно-столбовых систем разработки не обеспечивает устойчивого и безопасного состояния кровли очистных камер в ходе их отработки.

2. Применяемое при камерно-столбовых и сплошных системах разработки распорное крепление позволяет разработывать рудные тела, залегающие в неустойчивых вмещающих породах, без оставления рудной корки мощностью практически до 3—3,5 м.

3. Для поддержания неустойчивых пород вместо рудной корки целесообразно использовать штанговое крепление. Использование металлической штанговой крепи для укрепления кровли камер возможно при крепости пород $f=5$ и выше, когда закрепление замков позволяет давать штангам необходимое натяжение.

4. Железобетонные штанги обеспечивают удовлетворительное закрепление в различных породах с коэффициентом крепости $f=3$ и выше. При креплении железобетонными штангами необходимо, чтобы сцепление между породой, цементным камнем и стержнем штанги было достаточным для поддержания деформируемого массива. При быстрой деформации кровли для установки железобетонных штанг необходимо применять быстротвердеющие цементы, повышающие сцепление, или метод предварительного укрепления пород. Исследованиями установлено, что сцепление между гладким сталь-

ным стержнем и бетонными камнями различного состава примерно одинаково, а сцепление между стержнем периодического профиля и бетонным камнем с составом цемент : песок 1 : 1 наиболее высокое из-за большой прочности камня, работающего на срез между выступами. Несущая способность железобетонных штанг повышается при уменьшении толщины цементного камня между стенкой шпура и стержнем, так как в этом случае снижается усадка цементного камня.

5. Придание железобетонным штангам первоначального натяжения при небольшом сроке схватывания действует разрушающе на сцепление между стержнем и цементным камнем. При продолжительном сроке схватывания натяжение вызывает напряжение только в нижней части стержня. Поэтому при установке железобетонных штанг нет необходимости давать первоначальное натяжение и устанавливать пластины-подхваты. Только в случае длительной отработки камер со слабыми неустойчивыми породами кровли необходимо производить установку пластин-подхватов и сплошную затяжку кровли.

6. Железобетонные штанги начинают работать при небольших деформациях массива, когда они получают напряжение. При этом нагрузка на штангу суммируется по ее длине, передаваясь стержню через сцепление между породой, цементным камнем и стержнем. Эти условия положены в основу разработанного метода расчета.

7. Для поддержания слабых неустойчивых пород кровли, не допускающих незакрепленных обнажений, следует применять метод предварительного укрепления пород в глубине массива. Суть метода состоит в установке железобетонных штанг в неустойчивых породах за рудной коркой с последующей ее выемкой. При креплении трещиноватых пород в глубине массива следует устанавливать железобетонные штанги с частичной пропиткой пород цементными растворами. Для применения этого способа сконструировано специальное оборудование.

8. На основе проведенных исследований для отработки рудных тел в неустойчивых слабых вмещающих породах Камджайского рудника с применением метода предварительного укрепления предложены варианты камерно-столбовой системы разработки.

9. Для уменьшения потерь в междукамерных целиках можно рекомендовать увеличение ширины камер при креплении кровли штангами, а также искусственную интенсифика-

цию очистной выемки при отработке временных целиков, оставленных для последующего увеличения ширины камер.

Основные положения диссертационной работы опубликованы

1. Баранов Е. Г., Шестаков В. А., Шабанов Л. Ф., Яковлев М. А., Ялымов Н. Г. Закрепление неустойчивых пород методом цементации. ИНТИ ГНТК Киргизской ССР, Информационное сообщение по новой технике, № 6, 1961.

2. Шестаков В. А., Баранов Е. Г., Ялымов Н. Г., Яковлев М. А. Системы разработок на рудниках Киргизии и пути их развития. ИНТИ ГНТК Киргизской ССР, техническая информация, № 1, 1961.

3. Яковлев М. А. Пути снижения потерь руды при камерно-столбовой системе разработки. ФПИ, доклад на девятой научно-технической конференции, 1964.

4. Шестаков В. А., Яковлев М. А., Ялымов Н. Г., Александров Н. А. Технология предварительного укрепления неустойчивых вмещающих пород в очистных забоях при камерных системах разработки. ЦИНТИ Казахской ССР, «Добыча и обогащение руд цветных металлов», № 7 (48), 1964.

5. Ялымов Н. Г., Яковлев М. А. Исследование прочности закрепления железобетонной штанговой крепи. Доклад на межреспубликанском совещании по штанговому креплению в г. Кохтла-Ярва, 1964.

6. Яковлев М. А. Основные положения для расчета закрепления плоской кровли железобетонными штангами. Сб. «Совершенствование систем разработки рудных месторождений в неустойчивых породах». Фрунзе, 1965.

7. Яковлев М. А. Снижение потерь руды в целиках при камерно-столбовых системах в неустойчивых породах. Сб. «Совершенствование систем разработки рудных месторождений в неустойчивых породах». Фрунзе, 1965.

Центральная научная
Библиотека
Академии наук Киргизской ССР

Подписано в печать 18/V 1965 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Объем 1 п. л.
Д—03707. Заказ 551/1. Тираж 250 экз.

г. Фрунзе, типография АН Киргиз ССР