

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Նաջարյան Ալբերտ Մարտիրոսի

Բարդ լեռնաներկրաբանական պայմաններում գտնվող փոքր հզորությամբ
զառիթափ հանքամարմինների մշակման արդյունավետության
բարձրացման ուղիները

Ե.15.02 "Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի
մշակում' մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան - 1998

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Наджарян Альберт Мартиросович

Пути повышения эффективности разработки маломощных
крутопадающих рудных тел в сложных горно-геологических условиях

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности

Ե.15.02 "Разработка месторождений твердых полезных ископаемых"

Ереван 1998

Ատենախոսության բեման հաստատվել է Հայաստանի պետական
ճարտարագիտական համալսարանում

Գիտական ղեկավար տեխնիկական գիտությունների դոկտոր,
պրոֆեսոր Աղաբալյան Յուրի Անդրեյի
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր,
Պետրոսյան Սիխայիլ Իվանի,
տեխնիկական գիտությունների թեկնածու,
դոցենտ Գրիգորյան Նիկոլայ Արսենի
Առաջատար կազմակերպություն "Հայոսկի" ՀՆՊՁ

Պաշտպանությունը տեղի կունենա "5" ~~նոյեմբեր~~ 1998թ., ժամը 12⁰⁰-ին ՀՀ ԳԱԱ երկրա-
բանական գիտությունների ինստիտուտի «Գիտություններ երկրի մասին (երկրաբանական)»
բնագավառի թ. 054 մասնագիտական Գիտխորհուրդի նիստում, հետևյալ հասցեով՝ 375019,
Երևան, Մարշալ Բաղրամյան, 24^ա:

Ատենախոսության հետ կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ-ի երկրաբանական գիտություն-
ների ինստիտուտի գրադարանում.

Սեղմագիրը առաքվել է "5" ~~հոկտեմբեր~~ 1998թ.:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, երկրաբանամիներալոգիական
գիտությունների թեկնածու

Հ. Կ. Շախինյան

Тема диссертации утверждена в Государственном инженерном
университете Армении

профессор Агабалян Юрий Андреевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
Петросян Михаил Иванович,
кандидат технических наук, доцент
Григорян Николай Арсенович

Ведущая организация: ГПОН "Армзолото"

Защита состоится "5" ~~ноября~~ 1998г. в 12⁰⁰ часов на заседании специализированного
Совета 054 "Науки о Земле (геологические)" Института геологических наук НАН РА по адресу: 375019,
Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24^а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологических наук НАН РА.

Автореферат разослан "5" ~~октября~~ 1998г.

Ученый секретарь
специализированного Совета, кандидат
геолого-минералогических наук

Шагинян Г. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Стремление к повышению качества и полноты извлечения руды привело к расширению области применения систем разработки с твердеющей закладкой. Благодаря применению твердеющих смесей на основе активных местных материалов и отходов производства значительно снижаются затраты на закладку, обеспечивая окупаемый экономический эффект.

Исследования в области совершенствования систем разработки с твердеющей закладкой проводились в основном на месторождениях, представленных мощными рудными телами. Однако, при освоении маломощных рудных тел эти системы не нашли широкого применения.

Требования, предъявляемые к опробованию и установлению границ промышленного оруденения с целью ведения раздельной выемки при весьма неравномерном распределении металлов в руде, с одной стороны повышают затраты на добычу, а с другой - позволяют повысить качество добываемой руды. Наиболее полное решение поставленных задач осуществимо при использовании систем разработки с твердеющей закладкой.

В этом аспекте особого внимания заслуживает Меградорское золоторудное месторождение, представленное маломощными крутопадающими рудными телами, которые характеризуются неустойчивыми, слезиваемыми рудами, прерывистостью оруденения, что при использовании традиционных систем приводит к большим, часто, непредсказуемым разубоживанию и потерям ценных руд при добыче.

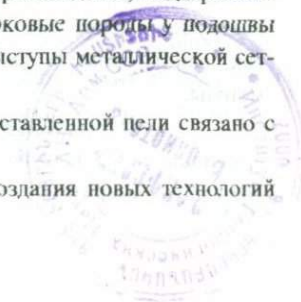
Поэтому, исследования, направленные на совершенствование систем разработки нисходящими слоями для маломощных рудных тел является весьма актуальной задачей.

Цель исследования и основная идея работы. Целью настоящей работы является повышение качества и полноты извлечения полезного ископаемого из недр. Основная идея, позволяющая достичь поставленной цели, заключается в том, что при нисходящей послыйной отработке маломощных рудных тел, в сложных горно-геологических условиях с целью отказа от традиционного крепления очистного пространства деревянными рамами, повышения качественно-количественных показателей извлечения руды из недр и эффективности производства, поддержание искусственной кровли осуществляется вводимыми в боковые породы у подошвы заходки штангами-арматурами и укладываемой на ее выступы металлической сеткой.

Основные задачи исследований. Достижение поставленной цели связано с решением следующих задач:

- разработка принципов совершенствования и создания новых технологий добычи руд подземным способом;

0161



- анализ горно-геологических условий отработки маломощных рудных тел, физико-механических свойств руды и вмещающих пород на Метрагворском месторождении, отбор технически применимых систем;

- сравнительная технико-экономическая оценка отобранных систем разработки, выдвижение рабочих гипотез по их совершенствованию;

- проведение геомеханических исследований и обоснование предельных параметров конструктивных элементов систем, рекомендуемых к внедрению;

- обоснование наиболее важных оптимальных параметров конструктивных элементов новых систем разработки;

- выбор оптимальных систем для различных горно-геологических условий разработки отдельных рудных тел и их частей.

Основные защищаемые положения:

- принципы совершенствования систем разработки маломощных рудных тел;

- системы разработки с ограждающим железобетонным перекрытием.

Научная новизна заключается в следующем:

- доказано, что при отработке маломощных рудных тел одним из перспективных путей совершенствования технологии добычи является использование армированной стали в качестве крепежного материала;

- доказано, что рудные тела мощностью от 1.3 до 3.0-4.0 м в сложных горно-геологических условиях целесообразно разрабатывать вновь созданной системой с ограждающим железобетонным перекрытием, что позволит значительно снизить разубоживание и расход крепежных материалов;

- обоснована возможность использования органичной крепи во время отработки наклоннозалегających рудных тел при неустойчивой руде и устойчивых породах всякого бока;

- установлена динамика роста удельной нагрузки породной закладки;

- выявлена зависимость сверхнормативной прибыли от мощности рудного тела и ценности руды, что позволяет однозначно производить выбор оптимальной системы для тех или иных условий разработки.

Методы исследований включают анализ и обобщение научно-технической информации и производственного опыта эксплуатации маломощных рудных тел подземным способом, технико-экономический анализ производственных данных, инструментальные замеры форм проявления горного давления в добычных блоках, лабораторные и полупромышленные испытания, экономико-математические методы.

Практическая ценность работы. Разработанные и научно обоснованные принципы совершенствования и выбора оптимальной системы разработки позволяют резко сократить разубоживание и потери высокоценной руды, повысить эф-

фективность освоения маломощных рудных тел в сложных горно-геологических условиях.

Достоверность научных положений обеспечивается высокой схожимостью результатов аналитических и экспериментальных исследований.

Реализация результатов работы. Основные положения и рекомендации, изложенные в диссертационной работе, приняты к внедрению на Метрадзорском месторождении. Среднегодовой экономический эффект от применения системы разработки с нисходящей слоевой выемкой руды с железобетонным ограждающим перекрытием составит порядка 1.5-2.0 млн. долл. (при $A=100$ тыс. т/год);

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены автором и получили одобрения на научно-технических конференциях и научных семинарах в ГИУА и ИГН НАН РА, проводившихся в 1986-1992гг, а также на IX Республиканском слете молодых ученых и специалистов (Ереван, 1998г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 9 научных статей, в том числе получены 2 авторских свидетельства.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, 132 страниц машинописного текста, 18 рисунков, 14 таблиц; список литературы из 70 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В Республике Армения ряд эксплуатируемых, подготавливаемых к освоению и перспективных золоторудных и золото-полиметаллических месторождений с подземным способом разработки характеризуются довольно разнообразными и сложными горно-геологическими условиями: мощности рудных тел - от весьма тонких до весьма мощных; устойчивость руды и вмещающих пород - от весьма неустойчивых до устойчивых; прерывистостью оруденения; пещетками, извилистыми контактами руды с вмещающими породами; склонностью руд некоторых месторождений к слеживанию; различной ценностью и качественными характеристиками. Небольшая ширина очистного пространства, получаемая при выемке маломощных рудных тел этих месторождений, усложняя процессы отбойки, доставки и выпуска руды из блока является своеобразным тормозом повышения производительности труда горнорабочих и интенсивности очистной выемки, причиной высоких потерь металла и большого разубоживания, что приводит к значительным экономическим последствиям.

В работе рассматриваются вопросы совершенствования существующих, создания новых и выбора оптимальных систем разработки маломощных рудных тел в сложных горно-геологических условиях, определения конструктивных элементов систем с их геомеханическим обоснованием.

Решению этих вопросов посвящены теоретические и практические работы большого числа исследователей и ученых, среди которых выделяются работы ака-

лемика М.И. Агопкова, профессоров, д.т.н. Ю.А. Агабабяна, С. Г. Борисенко, С. В. Ветрова, П. И. Городецкого, Б. П. Дробота, И. В. Дронова, А. Ф. Назарчика, Д. И. Рафисенко, В. А. Шестакова и др.

Проведенный анализ поисковых и экспериментальных работ в области совершенствования систем и технологий разработки маломощных рудных тел дает основание говорить, что существуют различные суждения по поводу путей и методов решения этих задач. В результате анализа установлено, что основными путями совершенствования значительная часть исследователей считает создание и внедрение высокопроизводительных горных машин и оборудования.

Для достижения вышележащей цели одни авторы предлагают использовать самоходные буровые каретки, в сочетании с малогабаритными погрузочно-доставочными машинами в процессе очистных и подготовительно-нарезных работ, механизировать работы по оборке и крешению кровли очистной выработки, другие - использовать ВВ с новыми энергетическими параметрами, позволяющими существенно улучшить качественные показатели отбойки, третьи - использовать безвзрывные и гидромпульсные методы отбойки руды с целью снижения ширины очистного пространства и т.д.

Представляется, что наряду с созданием надежных высокопроизводительных и относительно дешевых самоходных машин и специализированных комплексов и других средств механизации, способных работать в сложных условиях залегания маломощных рудных тел, главным направлением является нахождение новых технологических решений, способных коренным образом улучшить те звенья технологического цикла, которые в наибольшей степени могут повысить общую эффективность производства.

Таким образом, в основу совершенствования и создания новых систем должны быть положены общие принципы, которые способствовали бы целенаправленному решению подобных задач.

Принципиальная схема развития, совершенствования и создания новых систем основывается на выявлении "узких мест" в конкурентоспособных системах и разработке рабочих гипотез (с технологическими, конструктивными рекомендациями и аналитическими расчетами) по возможным мероприятиям с целью полного (если это возможно) или частичного устранения "узких мест". Весьма ответственным этапом является выявление "узких мест" в той или иной системе разработки.

"Узким местом" является такой процесс очистной выемки или следствие, вытекающее из него (например, повышенные потери и разубоживание руды), которые в наибольшей степени оказывают влияние на эффективность горного производства в народнохозяйственном аспекте.

Как показывает анализ, буквально всем системам разработки присущи специфические "узкие места". Например, "узким местом" систем разработки с открытым очистным пространством является большой удельный вес запасов полезного ископаемого в целиках. Поэтому, при разработке сравнительно ценных руд здесь очень важно обеспечить соответствующие мероприятия для более полного извлечения руды из целиков.

В системах разработки с магазинированием руды в очистном пространстве "узким местом" в определенных условиях являются большие потери и разубоживания руды, невозможность выдачи руды из блока по сортам и т.д.

Таким образом, как показывает анализ такие примеры можно привести буквально по всем системам разработки. С целью устранения "узких мест" разрабатывается рабочая гипотеза по совершенствованию систем. При этом необходимо отметить, что не все системы обладают одинаковой гибкостью, что определяется, в первую очередь, их конструктивными особенностями. Разработка рабочих гипотез требует интуиции и основывается на обеспечении безопасных условий труда - с одной стороны, и на повышении эффективности производства - с другой.

Гипотеза далее конкретизируется технологическими и конструктивными решениями и рекомендациями, составляется эскизный проект с аналитическими расчетами. Затем предложенная рекомендация, после лабораторных и натуральных экспериментальных проверок сравнивается с известными ранее решениями, определяется экономическая эффективность и область применения.

На основе изложенных выше принципов были проведены целенаправленные исследования по совершенствованию существующих и созданию новых систем разработки маломощных рудных тел применительно к условиям Меградорского и ряда аналогичных золоторудных месторождений, где исходя из конкретных горно-геологических и горно-технических условий технически применимыми являются:

1. Система разработки с усиленной распорной крепью.
2. Система разработки с нисходящей слоевой выемкой с закладкой подрываемыми вмещающими породами.
3. Система разработки с нисходящей слоевой выемкой и закладкой твердеющими смесями.

Из этих систем, как свидетельствует число новаторских предложений, наибольшей гибкостью отличаются системы разработки с твердеющей закладкой, что объясняется тем, что твердеющей закладке (с учетом возможности армирования) можно придать практически любые необходимые физико-механические свойства. В то же время системы с нисходящей выемкой слоев с заполнением выработанного пространства твердеющими смесями имеют пока недостаточно широкое распространение при разработке маломощных месторождений, что объясняется рядом недостатков.

Анализ этих систем применительно к разработке рудных тел небольшой мощности показал, что наиболее "узким местом" является необходимость поддержания искусственной кровли, то есть закладочного массива крепящими рамами, для установки которых необходимо подорвать боковые породы со стороны лежащего бока. Это, в свою очередь, приводит к значительному разубоживанию руды, а следовательно, к большим непроизводительным затратам, уменьшению извлекаемой ценности и снижению производства конечной продукции в единицу времени. Другим недостатком является большой расход твердеющих смесей (заполняется все выработанное пространство).

Первоначально была разработана рабочая гипотеза в направлении изыскания других способов поддержания закладочного массива, взамен традиционных крепящих рам.

В результате многолетних исследований разработаны новые варианты системы нисходящей слоевой выемки с твердеющей закладкой.

Сущность первого варианта системы заключается в следующем (рис. 1).

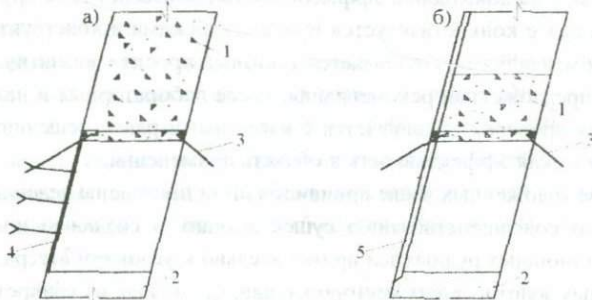


Рис. 1. Варианты системы разработки с нисходящей слоевой выемкой и закладкой твердеющими смесями:

1 - твердеющая закладка, 2 - рудное тело, 3 - штанга-арматура, 4 - торкрет-бетон с металлической сеткой и штанговой крешью, 5 - деревянная стойка.

Этаж высотой порядка 40 м подготавливается полевыми откаточным и вентиляционным шп्रेками и блоковыми рудными восстающими. Оработка блока осуществляется слоями высотой 2.5 м в нисходящем порядке. В процессе очистной выемки у почвы заходки висячем и лежащем боках пробуриваются нисходящие наклонные шпурсы, которые предназначены для ввода в них после полной отработки слоя штанг-арматур.

Расстояние между штангами-арматурами зависит от физико-механических свойств вмещающих пород и ширины очистного пространства. Как показывают аналитические расчеты расстояние между штангами-арматурами составляет (при коэффициенте запаса прочности подземного сооружения $K_3=3$) 1.0-1.5 м, а

бина шпуров в зависимости от мощности нарушенной зоны вмещающих пород 1.5-2.0 м.

После установки штанг-арматур, на почву заходки укладывают арматурную сетку соединяя ее со штангами-арматурами. Затем слой закладывают твердеющей смесью. Таким образом созданная конструкция обеспечивает безопасные условия труда при отработке последующего слоя без крепежных рам.

Для сокращения расхода твердеющих смесей на плоских и объемных моделях моделированием эквивалентными материалами проверялась возможность оставления четных слоев открытыми. Экспериментальная проверка подтвердила принципиальную возможность применения такого способа. При этом варианте всяческий бок незаложенного слоя рекомендуется *поддерживать анкерной крешью* в сочетании с металлической сеткой и торкретбетоном.

Такой вариант отработки блока позволяет почти полностью отказаться в очистных работах от крепежного леса, значительно увеличить интенивность отработки (что особенно важно при неблагоприятных горно-геологических условиях), почти вдвое сократить расход твердеющей закладки по сравнению с полной закладкой слоев, обеспечить проточную вентиляцию очистных забоев, снизить разубоживание руды, проводить опережающую эксплуатационную разведку.

В процессе дальнейших исследований выяснилось, что использование варианта с частичной закладкой с поддержанием всяческого бока указанным выше способом при особо неблагоприятных условиях невозможно или небезопасно.

С целью дальнейшего совершенствования систем с частичной закладкой разработан второй вариант (рис. 1), который позволяет устранять некоторые недостатки предыдущего и имеет более широкую область применения.

Сущность второго варианта заключается в следующем.

Как и в предыдущем варианте отработка блока ведется горизонтальными нисходящими слоями высотой порядка 2.5 м. После полной отработки заходки (до установления штанг-арматур) на ее почве непосредственно у всяческого бока устанавливаются бруски или пустотелые коробки длиной не более расстояния между соседними стойками, шириной не менее диаметра стойки и высотой 0.15-0.2 м. После установки брусков в пробуренные шуры у всяческого и лежачего боков, вводятся штанги-арматуры, а между ними по всей ширине заходки укладывают металлическую сетку, соединенную со штангами-арматурами. После полного монтажа несущего металлического каркаса слой закладывают твердеющей смесью. Расчеты показывают, что кроме первого слоя, который закладывается полностью, остальные слои можно закладывать примерно на 0.5 высоты слоя. При выемке нижележащего слоя всяческий бок выработки закрепляется стойками, верхняя часть которых вводится в созданные с помощью брусков, проемы.

Экономический эффект от применения данного варианта в отмеченных выше условиях по сравнению с обычной системой с полной закладкой и поддержанием искусственной кровли крепежными рамами можно рассчитать, исходя из разности между суммой экономии в связи с уменьшением разубоживания, сокращение затрат на твердеющую закладку, установку рам и дополнительными затратами, связанными с установкой ппанг-арматур, металлической сетки и стоек.

Для геомеханического обоснования конструктивных элементов систем разработки с частичной твердеющей закладкой проводились лабораторные исследования. Во время этих исследований основной целью являлось определить возможность частичной закладки слоев и решения задачи поддержания выработанного пространства.

Полученные результаты подтвердили пригодность ппанг-арматур в сочетании с металлической сеткой и твердеющей закладкой в качестве надежного поддерживающего средства выработанного пространства при неустойчивой руде и вмещающих породах. Отработка моделей осуществлялась с учетом ширины очистного пространства в пересчете на натуру, составившей 1,0, 1,5 и 2 м, а высота слоевой выработки - 2,5 м.

Отработка блоков по I и II вариантам возможно при наличии закладочного комплекса, проектирование и строительство которого, во первых, связано с большими трудовыми и материальными затратами и, во вторых, в связи с разбросанностью рудных тел Меградзорского месторождения, эксплуатация закладочного комплекса связана с большими технологическими и техническими трудностями.

В условиях отсутствия закладочного комплекса, с целью использования важных достоинств системы с частичной закладкой была создана система разработки с нисходящей слоевой выемкой руды с железобетонным ограждающим межслоевым перекрытием.

Для обоснования способа поддержания выработанного пространства при этой системе разработки с нисходящей слоевой выемкой руды с железобетонным ограждающим межслоевым перекрытием, вкратце остановимся на технологии добычи руды, сущность которой заключается в следующем (рис.2).

Руда в блоке отрабатывается нисходящими слоями-заходками (1). После полной отработки руды в заходке в боковых породах всячего и лежащего боков пробуриваются шуры, в которые выступами в выработанное пространство вводятся арматурные стержни (2). К последним у почвы заходки монтируется металлическая сетка (3) и с помощью бетоноукладчика, установленного на вентиляционном горизонте, в очистную выработку подается бетонная смесь (4) и создается плита секциями длиной 4-6 м и толщиной 15-20 см.

После твердения бетона на него укладывается легкий заполнитель (5).

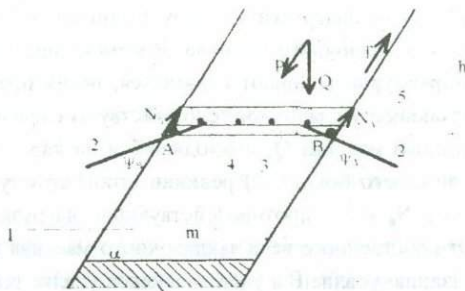


Рис. 2. Схема к расчету штанг-арматур.

Нижележащий слой обрабатывается под ограждающей железобетонной плитой, которая вместе с арматурными стержнями и боковыми породами создаст единую конструктивную систему.

Решение геомеханической задачи в области поддержания выработанного пространства в пределах слоя при новой технологии разработки крутопадающих рудных тел следует производить по методу, в котором за основу приняты следующие основные предположения и допущения:

1. Среда, к которой приурочены конструктивные элементы системы разработки, рассматривается как сыпучая, что позволяет применять теорию предельного равновесия, широко используемую в статике сооружений.

2. Штанги-арматуры представляют собой своеобразные опоры, являющиеся несущими элементами. Предполагается, что они по условиям взаимодействия с закладочным массивом работают на срез в независимом режиме, то есть они воспринимают нагрузку от выпележающей закладки с учетом веса железобетонной плиты и передают ее на боковые стенки.

3. Железобетонная плита, опирающаяся на штанги-арматуры, работает на изгиб под действием вертикального давления, при этом предполагается, что первопричиной исчерпания прочности элемента будет достижение в растянутой арматуре расчетного сопротивления.

4. Допускается, что напряжение по площади поперечного сечения штанги-арматуры, и рабочей арматуры в течение времени распределяются равномерно. При этом неравномерность распределения напряжений учитывается введением в расчет коэффициента запаса прочности K_s .

Основываясь на этих предпосылках, решение задачи в области поддержания выработанного пространства в пределе слоя предусматривает расчет необходимого количества штанг-арматур и рабочих арматур в нижней части плиты соответствующего диаметра при известных размерах заходки, заданных прочностных свойствах бетона и стали.

Согласно расчетной схеме, нагрузка на пару штанг-арматур обусловлена движением выпележащего закладочного массива. В момент предельного равновесия, т.е. когда штанги-арматуры начинают сдвигаться, но их перемещение еще бесконечно мало, на сползающее закладочное тело действуют следующие силы: 1) собственный вес закладочного массива Q , приходящийся на пару штанг-арматур (со стороны висячего и лежащего боков); 2) реакции штанг-арматур со стороны висячего и лежащего боков N_a и N_b , противодействующие нагрузке со стороны закладочного массива. От собственного веса закладочного массива Q образуются способствующее его сползанию усилие P и удерживающее усилие поверхности лежащего бока T . Кроме того, приняты некоторые допущения, которые без существенного ущерба на точность расчетов значительно упрощают задачу. Во-первых, не учитывается сила бокового давления от закладочного массива, приходящаяся на бока рудного тела, что ведет лишь к удержанию закладочного массива. Во-вторых, удерживающая сила рассматривается только как результат трения между частицами сухой закладки (в связи с извилистостью поверхности лежащего бока), а не сухой закладки с породами лежащего бока. В третьих, ввиду того, что толщина плиты по сравнению с высотой слоя незначительна, то вполне приемлемо представить закладочный массив как однородный.

Для определения шага установки штанг-арматур со стороны лежащего L_b и висячего L_a боков, первоначально из условия приравнивания к нулю момента всех внешних сил относительно опор A и B определяются нагрузки, приходящиеся на штанги арматуры, установленные в боках выработки. Потом решив полученные уравнения относительно L_a и L_b получим окончательные расчетные формулы:

$$L_a = 0.55 \frac{d_w^2 \sigma_p \sin(\alpha + \psi_n)}{m h_c \gamma_3 K_3 (0.5 - \text{ctg} \alpha \text{tg} \varphi)}, \quad (1)$$

$$L_b = 1.1 \frac{d_w^2 \sigma_p \sin(0.56\alpha - 5)}{h_c m \gamma_3 K_3}, \quad (2)$$

где d_w - диаметр штанг-арматур, м;

σ_p - предельное сопротивление арматуры при растяжении, т/м²;

φ - угол внутреннего трения сухой закладки, градус;

γ_3 - объемная масса закладки, т/м³.

Анализируя формулы (1) и (2) можно сделать вывод о том, что при прочих равных условиях количество штанг-арматур ($n_b = 1/L_b$ и $n_a = 1/L_a$) на погонный метр заходки со стороны висячего и лежащего боков равны ($n_b = n_a$), если $\alpha = 90^\circ$. При уменьшении угла падения рудного тела уменьшается величина n_a и увеличивается n_b и в определенных условиях созданная естественная опора со стороны лежащего бока дает возможность теоретически отказаться от установки штанг-арматур в лежащем боку, то есть $n_a = 0$.

С позиции статика сооружений определяем также количество арматуры p_a на 1 пог. м длины железобетонной плиты в зависимости от диаметра арматуры металлической сетки d_a и предела прочности на сжатие бетона σ_6 .

Например, при $m=2$ м, $h_c=2.5$ м, $\alpha=75^\circ$, $\psi_1=45^\circ$, $\psi_a=38^\circ$, $\varphi=30^\circ$, $d_{ш}=0.032$ м, $\gamma_1=1.2$ т/м³, $K_3=3$, $d_a=0.02$ м и $\sigma_6=80$ кг/см², получаем, что $L_1=2$ м, $L_a=1$ м, $p_1=0.5$, $n_a=1$ и $n_a \approx 3$.

Таким образом геомеханически обоснованы допустимые параметры конструктивных элементов при этой системе разработки.

Целесообразность внедрения новых рекомендаций в производство, как было отмечено выше, проверяется его технико-экономическим сравнением с известными решениями.

Выбор оптимальной системы разработки для отдельных рудных тел и их частей осуществляется на основе единого критерия оптимальности - максимума дифференциальной ренты по отработке запасов месторождения.

Для обеспечения этого условия необходимо, чтобы выбранная для той или иной части месторождения система разработки удовлетворяла следующей целевой функции:

$$(I_{qi} - D_{\min i})Q_{\text{э}i} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где I_{qi} , $D_{\min i}$, $Q_{\text{э}i}$ - извлекаемая ценность (в долл.), стоимостное выражение минимального промышленного содержания (в долл.) и эксплуатационные запасы в блоке (в тоннах) при применении i -ой системы разработки, соответственно.

После ряда преобразований условие (3) может быть записано в следующем виде:

$$(C_{\text{ф}i} - C_{\min i})Q_{\text{б}i}K_{\text{и}i} \rightarrow \max \quad (4)$$

где $C_{\text{ф}i}$ и $C_{\min i}$ - фактическое и минимальное промышленное содержание полезного компонента в блоке при применении i -ой системы разработки, соответственно;

$Q_{\text{б}i}$ - балансовые запасы руды в блоке при применении i -ой системы разработки;

$K_{\text{и}i}$ - коэффициент извлечения руды при добыче при применении i -ой системы разработки.

Величины $Q_{\text{б}i}$ и $C_{\text{ф}i}$ по разным системам могут быть разными из-за влияния бортового содержания на мощность рудного тела.

При выборе оптимальной системы разработки технико-экономическому сравнению подвергнуты:

1. Система разработки с усиленным распорным креплением.
2. Система разработки с поэтажным обрушением с торцевым выпуском руды (данная система в последнее время применялась на Меградорском руднике).

3. Система разработки с нисходящей слоевой выемкой с закладкой подрываемыми вмещающими породами.

4. Система разработки с нисходящей слоевой выемкой и частичной твердеющей закладкой.

5. Система разработки с нисходящей слоевой выемкой руды с железобетонным ограждающим перекрытием.

В результате расчетов для вышеприведенных систем определены извлекаемая ценность, приведенные затраты, стоимостное и натуральное выражения минимального промышленного содержания полезного компонента в руде, после чего с помощью выражения (3) установлена закономерность изменения сверхнормативной прибыли 1 т руды от мощности рудного тела (рис. 3).

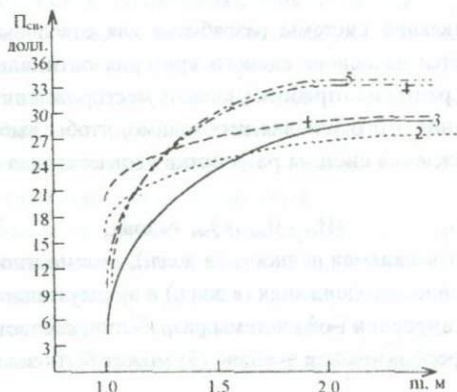


Рис. 3. График зависимости изменения сверхнормативной прибыли от мощности рудного тела при системах разработки 1-5.

Анализируя график изменения сверхнормативной прибыли от мощности рудного тела, можно сделать следующие выводы:

1. Системы 2 и 3 обеспечивают одинаковую сверхнормативную прибыль при мощности рудного тела 1.65 м. При $m < 1.65$ м с экономической точки зрения более выгодно применение систем разработки с поэтажным обрушением с торцевым выпуском руды (система 2), так как она обеспечивает более высокую прибыль на 1 т балансовых запасов, а при $m > 1.65$ м эффективнее система разработки с закладкой подрываемыми вмещающими породами (система 3).

2. Системы 1, 4 и 5 при мощности рудного тела $m = 1.3$ м обеспечивают одинаковую извлекаемую ценность на 1 т балансовых запасов, так как характеризуются примерно одинаковой величиной K_k ; при мощности рудного тела $m < 1.3$ м система 1, обеспечивая более высокое значение K_k , обеспечивает и более высокую извлекаемую ценность и является экономически наиболее целесообразной.

3. При мощности рудного тела $m \geq 1,3$ м наилучшими показателями отличаются системы 4 и 5, но предпочтение следует отдавать системе разработки с нисходящей слоевой выемкой руды с железобетонным перекрытием (система 5), как более гибкой.

Такие же выводы получены и с использованием оценочного показателя "критическое содержание полезного компонента в руде", то есть такого содержания, при котором сравниваемые системы равноэффективны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная задача совершенствования, развития и создания новых систем разработок для маломощных крутопадающих рудных тел в сложных горно-геологических условиях.

Основные результаты диссертационной работы сводятся к следующему:

1. Выбор оптимальных систем разработок необходимо осуществлять на основе критерия оптимальности "максимума дифференциальной ренты по отработке запасов месторождения".

2. В сложных горно-геологических условиях главным направлением повышения эффективности разработки маломощных рудных тел следует считать усовершенствование технологии очистной выемки с новыми технологическими решениями, которые коренным образом улучшают звенья технологического цикла, наиболее опутимо влияющие на общую эффективность.

3. Сформулированы общие принципы совершенствования, развития и создания новых систем подземной разработки, ключевыми аспектами которой являются выявление "узких мест" системы и разработка рабочих гипотез по возможным мероприятиям для полного или частичного устранения недостатков.

4. Для условий крутопадающих маломощных рудных тел Меградзорского и аналогичных месторождений при неустойчивых вмещающих породах и руде, в результате технологических исследований доказано, что одним из основных путей совершенствования систем разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой является использование штанг-арматур и арматурной сетки при формировании искусственной кровли, что дает возможность значительно упростить подготовку блока, повысить безопасность и условия труда горнорабочих, резко сократить разубоживание и потери руды.

5. На основе проведенных геомеханических исследований дано аналитическое определение шага установки штанг-арматур со стороны висячего и лежащего боков в зависимости от диаметра штанг-арматур, угла падения и мощности рудного тела.

6. Для условий применения системы разработки с нисходящей слоевой выемкой и закладкой подрываемыми вмещающими породами получены кривые зависимости степени и времени уплотнения закладочного массива, с одной сторо-

ны, и удельной нагрузки, с другой. Эти кривые позволяют оптимизировать длину слоевой выработки.

7. Для обработки наклонно залегающих рудных тел при неустойчивой руде и устойчивых боковых породах создан новый вариант нисходящей слоевой выемки с ограждающим устройством и траншеесобразной формой заходки у ее лочвы, что позволяет увеличить высоту слоя, производительность труда и снизить расход крепёжных материалов.

8. С использованием показателей "критическое содержание полезного компонента в руде" и "критическая мощность рудного тела" доказано:

- рудные тела мощностью до 1.3 м могут обрабатываться системой разработки с усиленной распорной крепью или с отбойкой руды из восстающих с магазинированием руды;

- рудные тела мощностью от 1.3 до 3-4 м в условиях Меградзорского и аналогичных месторождений наиболее целесообразно разрабатывать вновь созданной системой с ограждающим железобетонным перекрытием, что позволит значительно снизить разубоживание и расход крепёжных материалов, обеспечить максимум дифференциальной ренты по обработке запасов месторождений.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Агабян Ю. А., Наджарян А. М., Огансян А. Г. Повышение эффективности разработки крутопадающих рудных месторождений. / Промышленность, строительство и архитектура Армении. 1988, N 9.

2. Агабян Ю. А., Наджарян А. М. Новый вариант системы разработки нисходящей слоевой выемки с твердеющей закладкой. / Инф. листок АрмНИИНТИ, 1989, N 5206.

3. Акопов Э. М., Закарян А. М., Наджарян А. М. Выбор систем разработки для условий месторождения крутого залегания малой мощности со слабыми вмещающими породами и рудой. Межвузовский тематический сб. науч. тр.-ов по геологии, горному делу и металлургии. "Определение оптимальных параметров разработки месторождений". / Ереван.: ЕрПИ, 1986.

4. Наджарян А. М. Основные пути совершенствования систем разработки маломощных рудных тел в сложных горно-геологических условиях. Межвузовский сб. науч. тр.-ов "Пути повышения эффективности разработки месторождений полезных ископаемых". / Ереван.: ЕрПИ, 1989.

5. Агабян Ю. А., Акопов Э. М., Закарян А. М., Наджарян А. М. Отбор, сравнение и выбор систем разработки маломощных рудных тел в сложных горно-геологических условиях. / Инф. листок АрмНИИНТИ, 1986, N 0401.

6. Закарян А. М., Наджарян А. М. Выбор систем разработки для крутопадающих рудных тел, мощностью до 4 м со слабоустойчивой рудой и вмещающими

породами. Сб. науч. тр.-ов "Научно-технический прогресс на горных предприятиях цветной металлургии". Ереван, АрмНИНТИ, 1986.

7. Системы подземной разработки месторождений. Учебное пособие. Ю. А. Агабян, А. Г. Оганесян, А. М. Наджарян. Государственный инженерный университет Армении, Ереван, 1995/.

8. А. С. N 1606696 / Российская федерация /. Способ образования подземных пустот. Агабян Ю. А., Акопов Э. М., Дургарьян С. М., Оганесян А. Г., Закарян А. М., Наджарян А. М. 1993.

9. А. С. N 00623 / Республика Армения / Перекрытие при нисходящей слоевой выемки рудных тел. Агабян Ю. А., Закарян А. М., Оганесян А. Г., Наджарян А. М. 1997.

ԱՄՓՈՓՎԱԳԻՐ

Ատենախոսությունը նվիրված է բարդ լեռնաերկրաբանական պայմաններում գտնվող փոքր հզորության անկայուն հանքամարմինների մշակման համակարգերի ստեղծման, եղածների կատարելագործման և օպտիմալ համակարգի ընտրման խնդիրների լուծմանը, նպատակ ունենալով բարձրացնել ընդերքի ռազմարկային յուրացման աստիճանը:

Այս բնագավառում իրականացված ուսումնասիրությունների վերլուծման արդյունքում պարզվել է, որ առկա են լուրջ բացթողումներ համակարգերի կատարելագործմանը ուղղված միջոցառումների համակարգման ուղղությամբ:

Առաջադրված նպատակի իրագործմանը նպաստել է հետևյալ խնդիրների լուծումը.

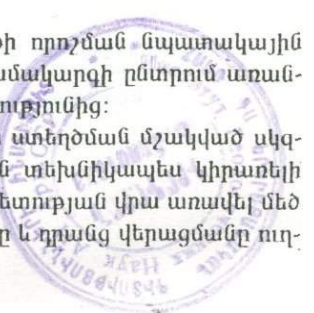
- մշակվել են ստորգետնյա եղանակով հանքաքարի հանույթի նոր տեխնոլոգիաների ստեղծման և եղածների կատարելագործման սկզբունքներ,

- ելնելով կոնկրետ լեռնաերկրաբանական պայմաններից իրականացվել է տեխնիկապես կիրառելի համակարգերի ջոկում և առաջադրվել են հիպոթեզներ համակարգի արդյունավետության վրա առավել մեծ ազդեցություն գործող "նեղ տեղերի" վերացման և դրանով իսկ համակարգերի կատարելագործման համար,

- ներդրման առաջարկվող համակարգերի համար երկրամեխանիկական հետազոտությունների արդյունքում հիմնավորվել են կառուցվածքային տարրերի պարամետրերը,

- առավելագույն գերնորմատիվային շահույթի որոշման նպատակային ֆունկցիայի օգնությամբ կատարվել է օպտիմալ համակարգի ընտրում առանձին հանքամարմինների համար ելնելով դրանց հզորությունից:

Համակարգերի կատարելագործման և նորերի ստեղծման մշակված սկզբունքային սխեմայում կարևորվում է այս կամ այն տեխնիկապես կիրառելի մշակման համակարգի համար հանույթի արդյունավետության վրա առավել մեծ ազդեցություն գործող "նեղ տեղերի" հայտնաբերումը և դրանց վերացմանը ուղղված միջոցառումների մշակումը:



0261

Վերլուծությունների արդյունքում պարզվել է, որ Մեղրածորի հանքավայրի պայմաններում կիրառելի բոլոր մշակման համակարգերին էլ հատուկ են բերություններ, սակայն կատարելագործման տեսակետից իրենց ճկունությամբ աչքի են ընկնում վարրնթաց շերտային հանույթով և լցումով մշակման համակարգերը: Այս համակարգերի կատարելագործման ուղղությամբ իրականացված աշխատանքների արդյունքում ստեղծվել են տեսապնդող լցումով համակարգի նոր տարբերակներ և դրանց կիրառելիությունը ու կառուցվածքային տարրերի պարամետրերը հիմնավորվել են երկրամեխանիկական հաշվարկների, լաբորատոր փորձարկումների (հարթ և ծավալային մոդելավորում) օգնությամբ:

Վերջում “հանքամարմնի կրիտիկական եզորություն” և “հանքաքարում օգտակար բաղադրիչի կրիտիկական պարունակություն” գնահատման ցուցանիշների հիման վրա ապացուցվել է, որ, Մեղրածորի և նմանատիպ լեռնաերկրաբանական պայմաններով հանքավայրերի համար առավել նպատակահարմար է վարընթաց շերտային հանույթով և միջշերտային արգելափակող երկաթբետոնյա ծածկով մշակման համակարգի կիրառումը, որը հնարավորություն է տալիս բնապահպանական հարցերի հաշվառմամբ ապահովել ընդերքի արդյունավետ օգտագործումը:

Տպագրված է ՀՀ ԲՈՀ-ի պարտվերով

Հանձնված է տպագրության 18.09.98 թ: Պատվեր 205: Տպաքանակ 60:

Տպագրված է «Դավիթ» կոոպերատիվի տպարանում:
Երևան, Տերյան 72:

1940