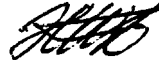


На правах рукописи

ЭТЕЗОВ Исмаил Кусаинович



**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ
ПРИКАРЬЕРНОГО МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
КОМБИНИРОВАННЫМ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ.**

(на примере Тырнаузского вольфрамо-молибденового месторождения)

Специальность 25.00.22 - «Геотехнология

(подземная, открытая, строительная)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Владикавказ - 2004

Работа выполнена на кафедре «Технология разработки месторождений»
им. М.И. Лгошкова Северо-Кавказского горно-металлургического института
(государственного технологического университета)

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор **Габараев ОЗ.**

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор **Игнатов В.Н.**

Кандидат технических наук **Урумов ОЗ.**

Ведущее предприятие: **ОАО «Кавказцветметпроект»**

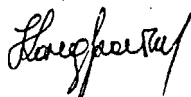
Защита диссертации состоится 2 апреля 2004 г. в 14 часов на заседании специализированного диссертационного Совета Д 212.246.02 при Северо-Кавказском горно-металлургическом институте (государственном технологическом университете) по адресу:

362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, факс. 74-99-45.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан 28 февраля 2004г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор техн. наук, проф.



Ю.И. Кондратьев

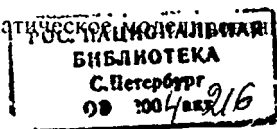
Общая характеристика работы

Актуальность работы. Большая часть руд цветных металлов добывается из скальных месторождений, которые входят в группу сложноструктурных. К ним относится и Тырнаузское вольфрамо-молибденовое месторождение, отработка которого одновременно открытым и подземным способами разработки сопровождается развитием сложных геомеханических процессов, обусловленных взаимным влиянием горных работ в рамках единой системы. Совместное влияние открытых и подземных работ увеличивает напряженность массива. Значительно возрастают касательные напряжения в рудовмещающем массиве в бортах и придонной части карьера, изменяются физико-механические свойства, структурная неоднородность и другие характеристики массива. Нарушается земная поверхность, снижается устойчивость обнажений, повышается интенсивность отслоений вмещающих пород, возрастают потери и разубоживание руды. Поэтому вопросы управления устойчивостью массива при отработке запасов в прикарьерной части месторождения являются актуальными.

Цель работы - обоснование технологии управления состоянием прикарьерного массива, обеспечивающей повышение эффективности и безопасности разработки мощных крутопадающих месторождений комбинированным открыто-подземным способом.

Идея работы заключается в использовании механизма взаимодействия элементов природно-техногенной системы для повышения несущей способности массива за счет сплошного порядка выемки запасов и комбинирования твердеющих смесей различного состава и сыпучей закладки.

Методы исследований. В работе использован комплексный метод исследований, включающий анализ теории и практики разработки рудных месторождений, исследования напряженно-деформированного состояния горного массива в натурных условиях, моделирование на эквивалентных материалах, методы статистической обработки данных, экономико-математическое моделирование, техни-



ко-экономические расчеты по сравнительной оценке вариантов, разработка и конструирование новых технологических решений и их опытно-промышленная проверка.

Научные положения, защищаемые в работе:

1. Совместная открыто-подземная разработка месторождения изменяет характер нагружения элементов геомеханической системы в прикарьерной зоне: целики работают в условиях сжатия со сдвигом, причем максимальное значение растягивающих напряжений смещено в наиболее удаленный от поверхности откоса угол камеры, при этом величина сцепления нарушенных пород в 1,5-2 раза меньше по сравнению с неподработанным массивом.

2. Конструктивные параметры камеры и удаленность ее от поверхности подработанного борта карьера оказывают существенное влияние на объемно-напряженное состояние рудовмещающего массива, причем высота и ширина очистного пространства оказывают меньшее влияние, чем расстояние от поверхности борта соответственно в 1,6 и 5,7 раза.

3. Повышение устойчивости элементов геомеханической системы при подземной разработке запасов в прикарьерной зоне обеспечивается технологиями со сплошным порядком отработки камер и закладкой выработанного пространства.

Научная новизна работы:.

1 Установлены закономерности нагружения, деформирования и сдвижения рудовмещающих массивов в прикарьерной зоне, нарушенных открытыми и подземными горными работами.

2. Выявлены корреляционные зависимости влияния параметров камеры, удаленности ее от поверхности уступа и тектонических сил на величину главных составляющих поля напряжений в прикарьерном массиве.

3. Исследованиями на эквивалентных материалах установлена зависимость коэффициента концентрации напряжений в закладке от порядка отработки камер.

4. Разработаны технологические схемы ведения горных работ со сплошным порядком, отработки камер и закладкой выработанного пространства., обеспечи-

Баюющие эффективное управление состоянием прикарьерного массива при подземной добыче руд, высокие показатели качества и полноты извлечения руды из недр.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается обобщением и использованием большого объема статистических данных, применением современных методов исследований, сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований с результатами опытно-промышленных работ при надежности не менее 90 % и практической реализацией разработок на горнодобывающих предприятиях и в проектных организациях.

Научное значение работы состоит в раскрытии и обосновании взаимосвязей, определяющих эффективность и параметры технологий управления состоянием прикарьерного массива при отработке участков руд, нарушенных открытыми и подземными горными работами.

Практическое значение работы состоит в разработке ресурсосберегающих технологий управления состоянием рудовмещающего массива, позволяющих повысить эффективность и безопасность отработки мощных крутопадающих рудных тел комбинированным открыто-подземным способом. Результаты исследований могут быть использованы действующими горнорудными предприятиями, научно-исследовательскими и проектными организациями при разработке мощных крутопадающих месторождений.

Реализация работы. Результаты исследований использованы при составлении проекта на отработку запасов руд в «Слепой» залежи в предельных контурах карьера «Мукуланский» Тырнаузского вольфрамowo-молибденового месторождения. Результаты теоретических исследований использованы в учебном процессе СКГМИ для специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на V Международном научном

симпозиуме «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2001 г.); Международных научных симпозиумах "Неделя горняка" (Москва, 2001-2003 г.г.); II Всероссийской научно-практической конференции «Горно-металлургический комплекс России: состояние, перспективы развития» (Владикавказ, 2003 г.); НТС института "Кавказцветметпроект" (Владикавказ, 2003 г.); НТС Тырныаузского ГОК (Тырныауз, 2003 г.); на ежегодных НТК СКГТУ (Владикавказ, 2000-2003 г.г.), на кафедре ОРМПИ ЮРГТУ (Новочеркасск, 2003г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 100 страницах машинописного текста, содержит 22 рисунка, 12 таблиц, список литературы из 101 наименования и 2 приложений.

Основное содержание работы

Применение одновременно открытого и подземного способов разработки сопровождается развитием сложных геомеханических процессов, обусловленных взаимным влиянием открытых и подземных горных выработок в рамках единой системы. Поля напряжений и деформаций в массивах пород являются результатом взаимодействия соответствующих полей, формирующихся под влиянием техногенных и природных факторов. Это дифференцирует зоны нагрузки и разгрузки, зоны концентрации напряжений, формирует сложные механические системы с одним или несколькими слабыми звеньями.

Такие условия характерны для отработки Тырныаузского, Маныбайского, Гайского, Абаканского, Учалинского, Приоскольского, Талнахского, Высокогорского, Сибайского, Тишинского, Сарбайского, Вишневогорского, Андреевского месторождений.

Деформационные изменения в массивах сопровождаются количественными изменениями. Совместное влияние открытых и подземных работ и выработок увеличивает напряженное состояние массива. Максимальные касательные напря-

жения в системе увеличиваются в 2-5 раз, если рудовмещающий массив попадает в зону влияния выработок карьера. В сравнимых масштабах изменяются физико-механические свойства, структурная неоднородность и другие характеристики массивов, слагающих месторождения. Нарушается земная поверхность, снижается устойчивость обнажений, повышается степень и интенсивность отслоений вмещающих пород, возрастают потери и разубоживание **руды**. Поэтому вопросы управления устойчивостью массива при отработке запасов в прикарьерной части месторождения являются актуальными.

Вопросы технологии формирования закладочных массивов при разработке месторождений полезных ископаемых исследованы в трудах: М.И. Агошкова, Д.М. Бронникова, О.З. Габараева, Н.З. Галаева, Ю.П. Галченко, В.И. Голика, Н.Ф. Замесова, В.Н. Игнатова, Д.М. Казикаева, Д.Р. Каплунова, В.Н. Калмыкова, Е.А. Котенко, Л.А. Крупника, М.В. Рыльниковой, М.Н. Слепцова, А.П. Тапсиева, А.Л. Требукова, В.И. Хомякова, М.Н. Цыгалова, В.А. Шестакова и многих других. Сущность известных рабочих гипотез по управлению устойчивостью рудовмещающих пород на основе формирования искусственных массивов в выработанном пространстве сводится к тому, что создание разнопрочных конструкций в выработанном пространстве технологически осуществимо с достаточно высокой степенью надежности в любых условиях.

Анализ опыта подземной разработки запасов руд в прикарьерной зоне мощных месторождений сводится к следующему: очередность выемки запасов и технология очистных работ определяется уровнем напряжений, создаваемых в рудовмещающем массиве в процессе отработки; технологии управления массивами, связанные с заполнением пустот сыпучими геоматериалами вследствие высокой компрессионности не обладают необходимыми поддерживающими свойствами; технологии с заполнением пустот твердеющими смесями гарантируют регулируемость напряжений в геосистеме при отработке прикарьерных запасов; высокая стоимость вяжущих и инертных заполнителей является основным сдерживающим фактором широкого использования твердеющей закладки.

Несмотря на значительное количество работ, научные основы технологии управления состоянием рудовмещающего массива при разработке месторождений открыто-подземным способом закладкой выработанного пространства разработаны пока недостаточно полно, что объясняется сложностью и многообразием физико-механических явлений, происходящих в процессе очистной выемки. В указанных работах мало внимания уделено комбинированию поддерживающих свойств монолитных твердеющих и несвязанных закладочных составов технологических решений по их реализации.

Цель диссертационной работы - обоснование технологии управления состоянием прикарьерного массива, обеспечивающей повышение эффективности и безопасности разработки мощных крутопадающих месторождений комбинированным открыто-подземным способом. Поставленная цель достигается решением задач: изучение инженерно-геологических условий разработки при комбинированной разработке мощных крутопадающих месторождений; установление закономерностей поведения рудовмещающего массива при техногенном вмешательстве; исследование работы искусственных массивов в зависимости от порядка ведения очистных работ, обоснование способов управления геомеханическим состоянием рудовмещающего массива при подземной отработке запасов в прикарьерной зоне; разработка эффективных вариантов подземной отработки участков руд в бортах и придонной части карьера с низким эксплуатационными затратами на закладочные работы; опытно-промышленная проверка предложенных технологических решений и их технико-экономическая оценка.

Задачи решались применительно к условиям Тырнаузское вольфрамомолибденовое месторождение обрабатывается комбинированным открыто-подземным способом. Месторождение, представлено мощными и весьма мощными крутопадающими рудными телами. В пределах района месторождения массив рудовмещающих пород необходимо рассматривать как дискретную среду, сложенную блоками по меньшей мере пяти порядков, отличающимися размерами, гео-

метрий, сцеплением по границам раздела и характером напряжённого состояния блоков.

Для детализации механизма влияния структурных факторов на устойчивость рудовмещающего массива выполнен анализ инженерно-геологических материалов, в результате которого разработана инженерно-геологическая модель участка руд в прикарьерном массиве Тырнаузского месторождения и выделены инженерно-геологические элементы (табл. 1).

Таблица!

Характеристики тектонических разрывов

Порядок	Масштабность проявления	Азимут падения, градус	Угол падения, градус	Протяженность, м
I	Основные признаки тектоники региона	110-125	70-90	30000
		335-335	70-90	30000
II	Основные признаки тектоники района и месторождения в целом	100-110	80-85	3000
		0	80-85	3000
		120	70	3000
III	Тектоника отдельных частей месторождения, не пересекает разрывы II порядка	85-90	70-90	500
		240-285	55-90	500
		345-15	60-85	500
IV	Тектоника отдельных участков шахтного поля, не пересекает разрывы II и III порядков	280-310	60-90	100
		160-210	65-85	100
		355-30	75-90	100
		75-90	40-90	100
V	Тектоника отдельных участков шахтного поля, не пересекает разрывы предыдущих порядков	85-115	60-80	25
		250-290	40-80	25
		350-20	60-90	25
		145-190	50-80	25

Сложность тектонического строения доказывает, что месторождение расположено в зоне воздействия остаточных тектонических сил, в результате чего напряженное состояние массива горных пород по величине и направлению действия главных составляющих поля напряжений существенно отличается от геостатического закона распределения. Массив с такой природной нарушенностью не может сохранять устойчивости в течение длительного времени.

Оценка напряженного состояния массива по методике реставрации поля напряжений показала, что направление действия напряжений от веса вышележащей толщи пород отклонено от вертикали на угол до 30 градусов. Максимальная горизонтальная составляющая ориентирована вкрест простирания рудной зоны и действует в плоскости отклоненной от горизонтали на угол до 35 градусов. Минимальная составляющая поля напряжений ориентирована вдоль простирания месторождения.

Для выявления закономерностей деформирования массива горных пород использованы данные маркшейдерских замеров с расположением реперов на поверхности, дне карьера и в подземных горизонтах 2827, 2762 и 2537 м. Наблюдения в зонах обрушений фиксируют динамику появления и развития воронок обрушения.

Слепая залежь на гор. 2165 м (рис.1) обрабатывается подземным способом камерно-целиковой системой с заполнением пустот сухой закладкой, камеры высотой 95 м, размерами в плане 30x30 м обрабатывают с оставлением междукамерного целика таких же размеров.

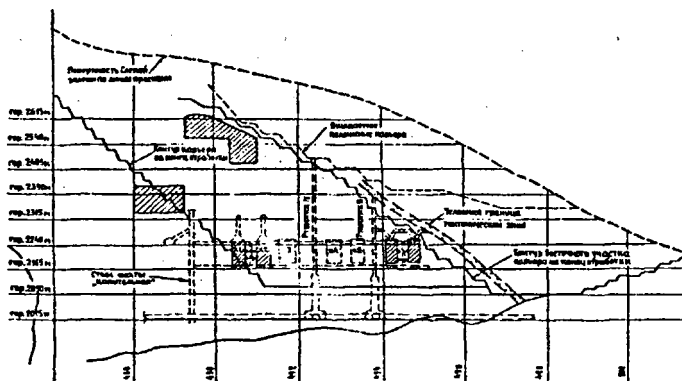


Рис. 1. Схема развития работ по «Слепой» залежи в прикарьерной зоне.

Камеры 1-8 расположены под подошвой северного борта на глубине 120 м. Из-за несвоевременного заполнения камеры 6 сухой закладкой произошло обру-

шение ее потолочины с выходом воронки обрушения на поверхность карьера. При выпуске руды из камер воронка расширялась, затронув верхнюю часть междукамерного целика, и достигла по простиранию 50 м, вкрест простирания - 30 м. Скорость оседания пород над камерами - 2,7 м/сут, а на высоте 175 м от камер скорость оседания массива пород не превышала 14 мм/сут. После образования воронки поверхность над камерами просела еще на 5,5 м. За время существования воронки обрушения ее объем заполнялся породами, объем отсыпанных пород в воронку обрушения составил 50-60 тыс.м .

Для отработки запасов в прикарьерной зоне месторождения проектом института "Гипроникель" предусматривается применение системы разработки камерами в две очереди с закладкой выработанного пространства материалами, создаваемыми иньжецированием цементными растворами раздробленных пород вскрыши. При принятой системе разработки, как показали результаты отработки опытного блока, из-за недостаточной прочности закладки и большой высоты камер при выемке вторичных камер разубоживание руды закладочным материалом достигает до 6-10 %.

Анализ данных о состоянии бортов карьеров позволил установить основные закономерности разрушения массива в пределах карьера: максимальная высота зоны обрушения достигает до 200 м при угле наклона рабочих бортов карьера 34°; в процессе сдвижения тектонические трещины не изменяют параметров залегания на высоте борта и залегают согласно с простиранием; величина сцепления нарушенных пород в 1,5-2 раза меньше по сравнению с неподработанным массивом.

Определение абсолютных величин напряжений в массиве осуществляли комплексным методом, включающим: электрометрию, маркшейдерское нивелирование реперов и полной разгрузки. С этой целью в районе камер 1-8 на горизонтах 2165м и 2240м были заложены подземные наблюдательные станции. Измерения проводились с помощью трехкомпонентного датчика давлений и перемещений с параметрическим усилителем-модулятором лаборатории горного давления ВИОГЕМ. Дополнительно к вышеперечисленным измерениям устанавли-

вали зависимости между удельным электрометрическим сопротивлением и электропроводностью горных пород и действующими в них напряжениями электрометрическим методом.

Исследования показали, что параметры напряженно деформированного состояния массива в условиях высокогорья зависят от тектонических полей напряжений и от рельефа местности, при этом элементы рельефа являются источниками дополнительных нагрузок, влияющих, на уровень концентрации и характер распределения напряжений в массиве горных пород. При глубинах $H < 0,5h$ вертикальные напряжения под подножием в $1,25 \div 1,5$ раза больше γH . Под вершиной горы вертикальные напряжения составляют $0,7-0,8 \gamma H$.

При исследовании влияния конструктивных параметров камеры и удаленности ее от поверхности уступа на величину вертикальной составляющей напряжений был использован трехфакторный план Бокса. Результаты моделирования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние параметров блока и расстояния от поверхности уступа на величину вертикальной составляющей напряжений.

№№ опытов	Расстояние от поверхности откоса, L_0 , м	Высота камеры, H_k , м	Ширина камеры, M_k , м	σ_x , МПа
1	20	60	10	0,57
2	80	60	10	0,38
3	20	90	10	0,62
4	80	90	10	0,42
5	20	60	40	0,44
6	80	60	40	0,08
7	20	90	40	0,5
8	80	90	40	0,12
9	20	75	25	0,52
10	80	75	25	0,34
11	50	60	25	0,7
12	50	90	25	0,76
13	50	75	10	0,49
14	50	75	40	0,93

В результате математической обработки экспериментальных данных и отсева незначимых коэффициентов регрессии получена следующая модель в кодированном масштабе:

$$y=0,759375-0,131x_1+0,025x_2-0,095x_3-0,329375x_1^2-0,029375x_2^2-0,009375x_3^2-0,00375x_1x_2-0,04375x_1x_3+0,00125x_2x_3 \quad (1)$$

Модель с размерным масштабом независимых переменных имеет следующий вид:

$$\sigma_x = -0,786+0,0347L+0,02126H+0,000611M-0,000366L^2-0,0001306H^2-0,0000417M^2-0,0000972LM \quad (2)$$

где σ_x - величина вертикальной составляющей напряжений, МПа; L - расстояние от поверхности откоса, м; H - высота камеры, м; M - ширина камеры, м.

Исследования показали, что карьерная схема изменяет характер нагружения элементов геомеханической системы: целики работают в условиях сжатия со сдвигом, причем максимальное значение растягивающих напряжений смещено в наиболее удаленный от поверхности откоса угол камеры. Подземные выработки разгружают нижележащий массив борта и изменяют положение зон разгрузки и опорного давления карьера.

Условие самоупрочнения рудовмещающих пород определяется соответствием размеров выработок предельно допустимым значениям параметров погашения. При неполном обеспечении условия самоупрочнения выработка закладывается так, чтобы при уменьшенной высоте неравенство $H' > H_c$ обеспечивалось. При $H' < h_c$ выработки закладываются прочной закладкой в расчете на обрушение пород до земной поверхности с оказанием соответствующей пригрузки на искусственный массив. Высота искусственного массива, при которой целостность поверхности гарантирована:

$$h > \frac{khm\lambda \operatorname{tg}\alpha - H'(K_p - 1)(m \operatorname{tg}\alpha + h \sin\alpha)}{km \operatorname{tg}\alpha - H'(K_p - 1)\sin\alpha} \quad (3)$$

где h - высота выработанного пространства; H' - расстояние от зоны очистных работ до поверхности; α - угол наклона выработанного пространства; m - ширина очистного пространства; λ - коэффициент концентрации напряжений на целики; K_p - коэффициент разрыхления материала заполнителя пустот; k - коэффициент структурного ослабления пород.

Управление геомеханическим состоянием прикарьерного массива осуществляется воздействием на него различными способами: установкой крепи, закладкой пустот, инъектированием связующих растворов и т.д. Напряженность пород создается массой пригрузки в пределах зон влияния выработок, поэтому разрушение пород в зонах породных конструкций идет в режиме хрупкого разрушения. Условие устойчивости напряженно-деформированной системы:

$$\sigma_m \leq \sigma_{н.м.} \leq \sigma_3 \quad (4)$$

где σ_m - напряжения в нетронутом массиве, МПа; $\sigma_{н.м.}$ - напряжения в прилегающей к пустотам части массива, испытывающей влияние горных работ, МПа; σ_3 - напряжения в массиве из твердеющей закладки, МПа;

Предлагаемое условие обеспечения геомеханической сбалансированности массива основано на учете напряжений при формировании закладочных массивов из разнопрочных составов и позволяет путем изменения технологических параметров погашения выработанного пространства регулировать упрочнение закладочного массива и тем самым определять величину ее пригрузки и нормативную прочность.

При использовании закладочных составов различной прочности напряжения, создаваемые в результате подпора материалом-заполнителем пустот, складываются из совокупного влияния всех элементов управления:

$$\sigma_3 = n_1\sigma_n + n_2\sigma_c + n_3\sigma_m + n_4\sigma_k = \sum_1^j n_i\sigma_i \quad (5)$$

где $\sigma_n, \sigma_c, \sigma_m, \sigma_k$ - величины подпора, соответственно, прочного, среднепрочного и малопрочного состава твердеющей и бесцементно-породной смесей; i - число упрочняющих элементов (табл.3); n_1, \dots, n_4 - соотношения различных видов закладочных смесей; σ_i - прочность материалов упрочнения.

Таблица 3

Нормативная прочность твердеющих смесей для создания подпора.

Прочность, МПа	Назначение	Условия применения
Прочная, 2,0-4,0	гарантированный подпор	днища и потолочины камер
Среднепрочная, 0,8 - 1,5	ограничение влияния напряжений	верхняя часть камер
Малопрочная, 0,2 - 0,8	создание бокового подпора	остальные пустоты

Одним из основных недостатков двухстадийного порядка отработки запасов является обрушение руды из стенок при выемке первичных камер с уменьшением запасов вторичных камер. При отработке вторичных камер приходится взрывать вместе с рудой и значительную часть закладки, попавшей в контуры камеры.

Для оптимального выбора порядка отработки запасов руд в прикарьерной зоне необходимы более точные знания о внутренних связях конструктивных и эксплуатационных характеристик массивов твердеющей закладки, с одной стороны, и напряженного состояния рудовмещающего массива - с другой. С этой целью выполнено геомеханическое моделирование сплошного и двухстадийного способов развития очистных работ.

Для сравнения геомеханики массивов при обоих способах развития работ выполнено моделирование с эквивалентными материалами. В трех моделях имитировалась пригрузка только рудой, в четырех - рудой и искусственным массивом. Во всех случаях показатели пригрузки снимали по данным динамометрических датчиков в основании камер. Результаты моделирования порядков отработки камер представлены в таблице 4.

Результаты моделирования порядков отработки камер

Мо- дели	Порядок отработки	Коэффициент концентрации давления на рудные цели- ки	Коэффициент концентрации давления на закладку	
			при отработке всей модели	при отработке смежных камер
I	Двухстадийная выемка камер от одного фланга рудного тела к другому	2,02	1,28	0,69
II	Одностадийная выемка запасов от центра к флангам рудного тела	1,69	0,76	0,38
III	Одностадийная выемка запасов от флангов к центру	1,78	1,09	0,44
V	Двухстадийная выемка камер от флангов к центру рудного тела	2,4	1,54	1,25
VI	Двухстадийная выемка камер от центра к флангам рудного тела	2,08	1,48	0,71
VIII	Одностадийная выемка запасов от одного фланга рудного тела к другому	1,65	0,65	0,29
IX	Двухстадийная выемка с равномерным распределением работ по всему этажу	1,89	1,19	0,54

Результаты моделирования на эквивалентных материалах показали: применение двухстадийного порядка отработки камер не обеспечивает необходимой устойчивости обнажений и приводит к разубоживанию руды закладочным материалом, при этом закладка камер второй очереди в очень слабой степени способствует поддержанию массива вмещающих пород, напряженное состояние которого при выемке первичных камер изменилось; сплошной порядок отработки запасов создает более благоприятные условия для плавной передачи давления налегающей толщи пород на закладку; давление на участковые целики при сплошном порядке отработки в 1,7-2 раза ниже чем при двухстадийном.

Исследования закономерностей взаимодействия разрушенных геоматериалов и рудовмещающих массивов позволили разработать технологические решения обеспечивающие необходимые поддерживающие свойства закладочного массива при отработке запасов руд в прикарьерной зоне. Основу технологий состав-

ляют варианты камерных систем разработки со сплошной выемкой руды и закладкой выработанного пространства, основные принципы конструирования которых заключаются в следующем: наиболее полное заполнение по всему периметру очистных камер закладочной смесью; производство работ на недостаточно устойчивых участках без оставления открытого очистного пространства; дифференциация технологических решений по управлению геомеханическим состоянием рудовмещающего массива, исходя из устойчивости запасов с минимизацией затрат на закладочные работы.

Выемку запасов камеры ведут в одну стадию, без разделения участка месторождения на камеры и целики (рис.2).

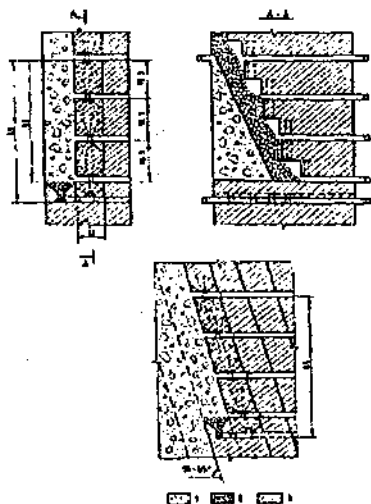


Рис.2 Вариант системы разработки со сплошной выемкой руды и закладкой выработанного пространства.

Очистные работы начинают с отработки потолочины высотой 8-10 м и заполнения выработанного пространства твердеющей закладкой повышенной прочности. После чего приступают к работам по отрезной щели путем взрывания боковых скважин на отрезной восстающий. Вся отбитую руду при отбойке отрезной

щели выпускают и приступают к отбойке руды на подэтажах. Отработку ведут с опережением вышележащих нижележащими подэтажами. Опережение отбойки нижележащего подэтажа по отношению к вышележащему производят следующим образом: сначала отбивают руду вертикальной прирезкой только на нижнем, затем одновременно на двух нижних, после - на трех подэтажах; в результате образуется сплошной столб отбитой руды, связанный с рудовыпускной дучкой в основании камеры.

После каждого очередного взрывания выпуск отбитой руды производят из соответствующих дучек и приступают к закладке выработанного пространства дробленными породами вскрыши. Закладку подают таким образом, чтобы она располагалась по отношению к целиковым частям подэтажей под углом естественного откоса. Для повышения устойчивости закладочного массива поверхность дробленных пород инъецируют песчано-цементным раствором.

Дальнейшую выемку запасов руды в камере также производят прирезками одинаковой ширины, с отбойкой руды на наклонные слои породной закладки.

Разработанная технология с отбойкой руды из подэтажных ортов на породную закладку прошла опытно-промышленную проверку при отработке камеры 7. Камера находилась в прикарьерной зоне и представлена крутопадающим телом мощностью до 30 м. Вмещающие породы крепкие, прочность руд и пород на одноосное сжатие 1400-1600 кг/см², коэффициент ослабления пород 0,4 - 0,62. Плотность пород 2,8-3,1 т/м³. Параметры камеры: ширина 30 м; высота 80 м; длина 30 м.

Закладку производили породной закладкой по принятому на руднике соотношением мелкой 0 - 0,075 м и крупной 0,2 - 0,5 м фракций 1 : 1,5. После заполнения каждого очередного столба выпущенной руды, благодаря принятой схеме опережения отработки подэтажей, поверхность массива из закладки свободно располагалась под углом 52-55° к плоскости целиковых частей подэтажей.

Дальнейшую отбойку руды на подэтажах вели на поверхность массива из породной закладки шестиметровыми прирезками. Для предотвращения попадания

закладки в отбитую руду при отработке смежных камер контуры камер по линии простирания месторождения формировали под углом 60-65° и пропитывали наклонную поверхность породно-цементной закладки песчано-цементным раствором.

Разработанная технология отработки запасов; подработанных открытыми и подземными горными работами, позволяет использовать действие взрыва для упрочнения закладки. Упрочнение закладочного массива позволяет использовать для закладки камер составы с расходом вяжущего в 1,6-2,5 раза ниже. Наиболее значительно снижаются потери в закладке и разубоживание руды закладочным материалом на контакте с вертикальными обнажениями. Результаты испытаний рекомендуемой технологии разработки приведены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты испытаний технологии разработки со сплошной выемкой руды и закладкой выработанного пространства

№ п.п.	Показатели	Единица измерения	Система разработки	
			камерно-целиковая	сплошная камерная
1	Производительность труда забойного рабочего (без закладки)	т/см	46-49,3	56-61,2
2	Производительность блока (средняя)	т/см	2300	2560
3	Интенсивность очистной выемки	м/мес	11,5-13	15-18,7
4	Потери руды при добыче	%	6,5-8,2	5-7
5	Разубоживание руды:	%		
	- общее		17-19,2	11-13,5
	- закладочным материалом		2,5-5,2	1,2-2,3

Использование рекомендуемой технологии разработки, как показали результаты опытно-промышленных испытаний, позволяет снизить потери на 2-4% и разубоживание руды на 5-8%, повысить интенсивность очистной выемки в среднем в 1,2-1,4 раза по сравнению с применяемой на руднике «Молибден» вариантом системы с закладкой - изолированными камерами с подэтажной отбойкой и последующей сухой закладкой.

Оценку эффективности применения систем разработки с закладкой выработанного пространства производим на основе критерия удельной прибыли за расчетный период времени по общепринятой методике.

Результаты сравнительной экономической оценки двухстадийного и одностадийного порядка отработки камер приведены в таблице 6.

Таблица 6

Основные сравнительные технико-экономические показатели вариантов систем разработки

Наименование показателей	Ед. изм.	Технология с закладкой выработанного пространства	
		С двухстадийной выемкой камер	Со сплошной выемкой руды
Содержание металла в балансовых запасах (условный металл-вольфрам)	%	0,294	0,294
Разубоживание руды	%	18,3	12,5
Потери руды при добыче	%	6,7	5,0
Извлечение металла в концентрат на РОФ	%	62	62
Содержание металла в концентрате на РОФ	%	56,2	56,2
Себестоимость переработки 1т руды на РОФ	руб	42,72	42,72
Себестоимость добычи 1т руды	руб	110,2	98,87
Извлекаемая ценность 1т добытой руды	руб	134,03	143,54
Величина удельной прибыли	руб/т	-16,89	1,95
Сравнительная экономическая эффективность на 1т металла в концентрате:	руб		20,84

Экономический эффект, при отработке балансовых запасов руды камеры 7 в прикарьерной зоне в объеме 33750 м³ вариантом системы со сплошным порядком отработки камер составит более 300 тыс. руб., за счет обеспечения высоких показателей качества и полноты извлечения руды из недр и минимального взаимовлияния работы рудника и карьера.

Заключение

В диссертации на основе детальной оценки совокупности геомеханических, технологических и экономических факторов эксплуатации участков руд, нарушенных открытыми и подземными горными работами, решена актуальная научно-техническая задача - разработана технология управления состоянием прикарьерного массива, основанная на использовании механизма взаимодействия элементов природно-техногенной системы для повышения несущей способности массива за счет сплошного порядка выемки запасов и комбинирования твердеющих смесей различного состава и сыпучей закладки.

Основные научные и практические результаты, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. Установлены закономерности нарушения, деформирования и сдвижения рудовмещающих массивов нарушенных открытыми и подземными горными работами в прикарьерной зоне.
2. Выявлено, что параметры напряженно-деформированного массива в условиях Тырнаузского месторождения зависят от тектонических полей напряжений и от рельефа местности, при этом элементы рельефа являются источниками дополнительных нагрузок, влияющих на уровень и характер распределения напряжений в массиве горных пород
3. Доказано, что карьерная выемка изменяет характер нагружения элементов геомеханической системы в прикарьерном массиве: целики работают в условиях сжатия со сдвигом, причем максимальное значение растягивающих напряжений смещено в наиболее удаленный от поверхности откоса угол, при этом величина сцепления нарушенных пород в 1,5-2 раза меньше по сравнению с неподроботанным массивом.

4. Выявлены корреляционные зависимости влияния конструктивных параметров камеры и удаленности от поверхности уступа и тектонических сил на величину главных составляющих поля напряжений в прикарьерном массиве, при чем высота и ширина камеры оказывают меньшее влияние, чем расстояние от поверхности уступа соответственно в 1,6 и 5,7 раза.
5. Установлена зависимость коэффициента концентрации напряжений в закладке от порядка отработки камер. Давление на участковые целики при сплошном порядке отработки 1,7-2 раза ниже, чем при двухстадийном. Закладка камер второй очереди при двухстадийной выемке в очень слабой степени способствует поддержанию массива вмещающих пород.
6. Разработаны технологические способы управления состоянием прикарьерного массива при подземной добыче руд, основанные на использовании механизма взаимодействия элементов природно-техногенной системы для повышения несущей способности массива за счет сплошного порядка выемки запасов и комбинирования твердеющих смесей различного состава и сыпучей закладки. Доказано, что эти способы позволяют снизить потери на 2-4% и разубоживание руды на 5-8%, повысить интенсивность очистной выемки в 1,2-1,4 раза для условий Тырнаузского месторождения по сравнению с проектными решениями.
7. Показана высокая эффективность разработанных технологий управления состоянием прикарьерного массива при подземной добыче руд системами разработки со сплошным порядком отработки. Экономический эффект, при отработке балансовых запасов руды, предложенной технологией только в пределах одной выемочной единицы в объеме 33750 м^3 составит более 300 тыс. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

автора:

1. Габараев О.З., Джанаев М.И., Этезов И.К., Сидиков А.Г. Исследование геомеханических свойств породной закладки в условиях объемного сжатия «Горный информационно-аналитический бюллетень» МГТУ №8, 2001.-С.211-214

2. Габараев О.З., Моураов А.Г., Этезов И.К., Медведев В.А. Исследование степени уплотнения материала закладки в зависимости от параметров искусственного массива. Сборник научных трудов аспирантов, г. Владикавказ, 2000.-С.13-15.

3. Этезов И.К., Медведев В.А., Габараев О.З. Формирование закладочных массивов из разнопрочных составов. Сборник научных трудов аспирантов, г. Владикавказ, 2002.-С.33-40.

4. Этезов И.К., Сидиков А.Г. Моураов А.Г., Голик В.И., Габараев О.З. Параметры управления состоянием рудовмещающих пород при формировании закладочных массивов из разнопрочных составов. Сборник научных трудов аспирантов, г. Владикавказ, 2002.-С.40-48.

5. Этезов И.К. Экономическая эффективность управления нарушенными массивами.-В кн.: Голик В.И., Хадонов З.М., Габараев О.З. Управление технологическими комплексами и экономическая эффективность разработки рудных месторождений.-Владикавказ, Терек, 2001.-С.79-108.

6. Этезов И.К. Технологии разработки месторождений Северного Кавказа.- В кн.: Хулелидзе К.К., Голик В.И., Хадонов З.М. Экономика и управление технологическими комплексами при выщелачивании металлов.-Владикавказ, Терек, 2001.-С.33-44.

7. Сидиков А.Г., Этезов И.К., Голик В.И.-Концепция природосбережения при добыче руд. Проблемы геологии и освоения недр. Труды Пятого Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 2001.-С.554-555.

8. Габараев О.З., Этезов И.К., Медведев В.А. Технология разработки с отбойкой руды из подэтажных ортов на породную закладку/РОСИНФОРМРЕСУРС, Информационный листок СОЦНТИ. - Владикавказ, 2001. -№ 68-201-00, 5с.

9. Голик В.И., Габараев О.З., Сидиков А.Г., Этезов И.К., Технология разработки месторождений с погашением выработанного пространства разнопрочной закладкой/РОСИНФОРМРЕСУРС, Информационный листок СОЦНТИ. - Владикавказ, 2001. - № 68-003-01, 4с.

10. Этезов И.К., Кумаллагова С.К., Габараев О.З. Утилизация отходов горного производства при открыто-подземной разработке Тырнаузского месторождения. Проблемы геологии и освоения недр. Труды Пятого Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 2001.-С.648-649.

11. Этезов И.К., Плиев И.Г. Исследование бортов Мукуланского карьера // Горно-металлургический комплекс России: состояние, перспективы развития - Материалы И Всероссийской научно-практической конференции. - Владикавказ, 2003.-С. 94-95.

Подписано в печать 24.02.2004. Формат 60x84 1/16
Усл. печ.л. 1.00 Тираж 100 экз.

Издательство «Терек» СКГМИ
362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44