Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVIII, вып. 1, 1969 г.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ОТРАБОТКИ ЦЕЛИКОВ ЦЕННЫХ РУД

Ю. И. Паненков, В. Ф. Прялухин, Ю. Л. Минаев, А. В. Карпунин, А. Г. Васильев

Медно-никелевое месторождение Каула разрабатывалось в верхней части карьером, а в нижней подземным способом с первоочередным извлечением камерных запасов. В последнее время перешли ко второй стадии разработки — выемке оставленных рудных целиков. Месторождение представлено пластообразной залежью с переменными мощностью и углом падения; глубина залегания до 400 *м* (по вертикали). Крепость руды характеризуется коэффициентом 8—12, а вмещающих пород — 8—14 по М. М. Протодьяконову.

Подземная разработка месторождения велась блоками длиной 16 *м* по простиранию при вертикальной высоте этажа 30—43 *м*. Камеры располагались вкрест простирания, имели ширину 9 *м* и отрабатывались горизонтальными слоями с закладкой. Ширина оставленных междукамерных целиков около 7 *м*. Высота надштрековых целиков 5,5 *м* и подштрековых 3,5 *м*. Камеры закладывали породой от вскрышных и проходческих работ.

В ближайшем будущем предстоит отработка междукамерных и междуэтажных целиков в пределах 9 этажей с общей высотой по вертикали 290 *м*. В районе западного блока карьера необходима отработка целиков в 11 этажах с общей высотой около 350 *м*. Проведенное обследование целиков показало, что большинство их хорошо сохранилось и находится в устойчивом состоянии. Интенсивная трещиноватость целиков

наблюдается главным образом на верхних горизонтах (IV и V) вследствие влияния массовых взрывов, проводившихся в карьере.

Одной из особенностей междукамерных целиков является неперпендикулярность их осей к контактам висячего и лежачего боков в связи с изменчивостью простирания контактов рудного тела. Закладочный материал разнообразен в различных камерах. На верхних горизонтах (выше VII) камеры заполнены породами, содержащими моренные отложения. Такая закладка содержит около 6% глинистых частиц и имеет влажность до 5%. Она допускает обнажения до 9 $м^2$ и более. Большое число камер заполнено несвязным и неустойчивым среднекусковым материалом.

При выемке камерных запасов на верхних горизонтах проводилась настилка мата на почву первого слоя и отшивка бортов. Забортные пустоты, как правило, заполнялись рудной мелочью при отработке каждого последующего слоя. На нижних горизонтах отшивка бортов камер не проводилась, что должно неблагоприятно сказаться на выемке целиков.

Проектом, составленным Гипроникелем, приняты следую-

Таблица 1

Показатели	Слоевое обрушение	Комбинированная система	Подэтажное обрушение с цементацией закладки
Потери руды, %	13,0	17,5	6,8
Разубоживание руды, %	8,4	16,7	13,0
Расход леса, $м^3/м^3$	0,15	0,10	0,09
Расход ВВ, *кг*/$м^3$	1,2	0,9	0,85
Производительность блока, *т/сутки*	54,0	76,0	95,0
Производительность забойного рабочего, *т/смену*	10,2	16,0	16,0
Средневзвешенная производительность участка, тыс. *т/год*	185	225	330
Расход цемента на 1 $м^3$ закладки, *кг*	—	—	150

щие системы отработки целиков: 1) слоевого обрушения; 2) комбинированная, заключающаяся в выемке междукамерных целиков и междуэтажных над ними слоевым обрушением, а междуэтажных над камерами подэтажным обрушением;

3) подэтажное обрушение с предварительной цементацией 2-метрового слоя закладки в камерах (после предварительных экспериментов). Проектные показатели по системам приведены в табл. 1.

Работы по извлечению целиков руды начались на руднике в 1966 г. Для безопасного их ведения вначале была создана подушка из обрушенных пород. Для этого на дне карьера был уложен мат из рудстойки диаметром 14—18 *см* в два слоя и отсыпана подушка толщиной 6—10 *м* из пород вскрыши. Под этим матом была начата разработка системой слоевого обрушения. Там, где настилка мата оказалась невозможной, разработку начали подэтажным обрушением с последующим переходом на слоевое обрушение. В 1967 г. преобладало подэтажное обрушение, так как основные работы велись в пределах треугольных призм под висячим боком нижнего уступа карьера, а также целиков, находящихся в бортах карьера. Применялись различные варианты системы подэтажного обрушения, из которых лучшие результаты дал вариант с отбойкой руды из буровой выработки, расположенной на 5—6 *м* выше скреперной выработки, при высоте подэтажа до 20 *м*.

При системе слоевого обрушения применялся обычный вариант с выемкой заходками. Результаты, достигнутые при извлечении целиков на руднике, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Слоевое обрушение	Подэтажное обрушение
Потери руды, %	5—7	До 20
Разубоживание, %	5—6	25—30
Расход леса, $м^3/м^3$	0,25	0,07
Расход ВВ, $кг/м^3$	1,5	0,9
Производительность забойного рабочего, $м^3/смену$	2,1	3,5
Производительность блока, *т/сутки*	30—40	50—70

Оставленные целики руды отрабатываются в условиях, когда нельзя изменить параметры целика или исправить неточности, допущенные при выемке камер. При извлечении богатых руд из целиков на руднике Каула нельзя рассчитывать на применение таких систем, как обычные варианты системы подэтажного обрушения. Учитывая особенности разработки целиков, необходимо признать, что выбранная система

слоевого обрушения наиболее соответствует сложившимся условиям. Совершенствование этой системы может быть осуществлено за счет повышения уровня механизации крепежных работ, повышения квалификации рабочих и улучшения организации труда. Однако эти мероприятия не могут устранить главного недостатка системы — большого объема крепежных работ. Что касается системы подэтажного обрушения, то, как видно из табл. 2, ей свойственны высокие потери и разубоживание руды. Кроме того, она не везде применима и по горно-геологическим условиям.

Анализ практики разработки рудных месторождений позволяет выделить следующие направления совершенствования выемки целиков богатых руд: а) применение цементированной (или бетонной) закладки камер с последующей выемкой целиков производительными системами; б) применение гибких щитовых перекрытий для разработки целиков при заложенных камерах; в) комбинация двух первых направлений, т. е. применение гибких перекрытий и частичной цементации закладки камер.

Рассмотрим эти направления применительно к условиям месторождения Каула.

Применение цементированной закладки получает все большее распространение в горной практике. Однако в рассматриваемых условиях почти все камеры заложены и, следовательно, цементированная закладка может быть получена только путем нагнетания (метод инъекции). Техническая возможность цементации и экономическая целесообразность ее были подтверждены специальными исследованиями. Этот метод может быть выгодным и дать сравнительно высокие показатели только при массовом применении и создании полностью механизированного и автоматизированного цементационного комплекса. Тем не менее методы с цементацией, например выемка системой подэтажного обрушения после предварительной цементации, могут быть успешно освоены на ряде участков, особенно там, где отсутствует отшивка камер.

В случае освоения метода инъекции могут быть применены и другие производительные системы, например разработка с отбойкой из подэтажных ортов или с подэтажным маганизированием руды. В первом случае предусматривается полная цементация всего закладочного материала, во втором лишь частичная, с возведением корок толщиной примерно 2 *м* по бокам целика.

Применение гибких щитовых перекрытий* известно на ряде рудников. В частности, варианты систем разработки с гибким перекрытием испытывались на Североуральских, Гумешевском и некоторых других рудниках. В условиях рудника Каула варианты разработки под гибким перекрытием могут оказаться приемлемыми при различных углах падения и мощности. Принципиальная схема варианта выемки целиков под гибким перекрытием показана на рис. 1. В предлагаемом варианте применяется комбинированная подготовка: рудные восстающие проходятся в висячем и лежачем боках по контакту с пустыми породами, а породный восстающий для вентиляции в породах лежачего бока. Гибкое дерево-металлическое перекрытие настилается при выемке первого слоя системой слоевого обрушения. По мере опускания перекрытие наращивается со стороны висячего бока.

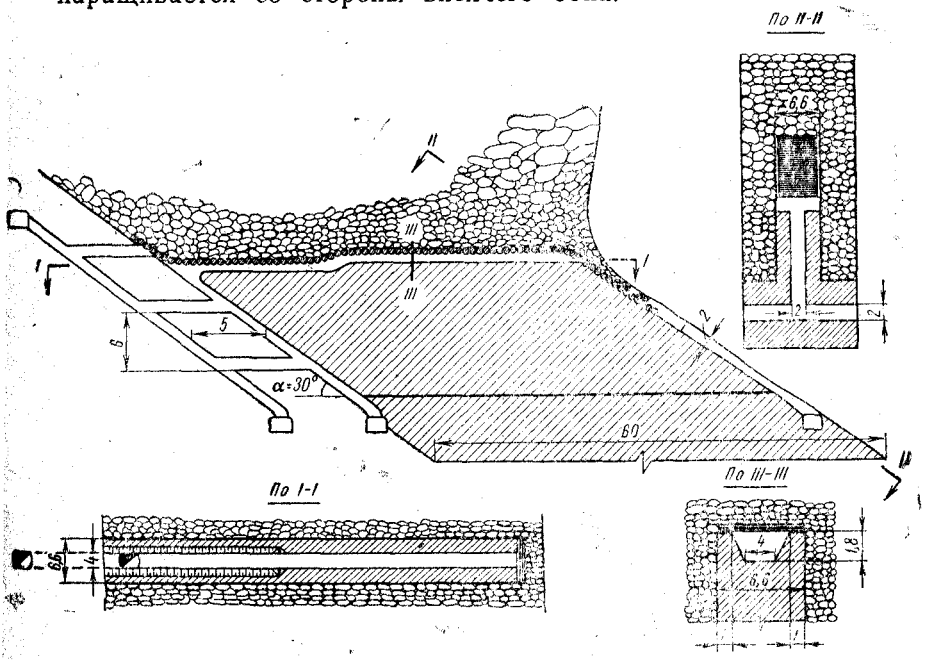


Рис. 1. Схема слоевой выемки междукамерного целика с гибким перекрытием

* Научный консультант по системам с гибкими перекрытиями проф., докт. техн. наук Е. Я. Махно.

Одним из возможных путей совершенствования отработки целиков может служить применение гибкого перекрытия вместе с механизированной передвижной крепью. При разработке пологопадающих участков небольшой мощности возможно применение механизированных комплексов и без перекрытий. Комплекс должен быть разработан на основе конструкции известных из практики эксплуатации угольных и других месторождений. Схема выемки междукамерного целика может быть следующей. Каждый блок (целик) имеет полевую подготовку. Выемка ведется слоями высотой 4 *м* в нисходящем порядке с обрушением (рис. 2). Слои вынимаются лавой под связным гибким перекрытием и передвижной секционной крепью. После каждого цикла выемки (шаг 0,7 *м*) крепь передвигается. Гибкое перекрытие укладывается заранее при

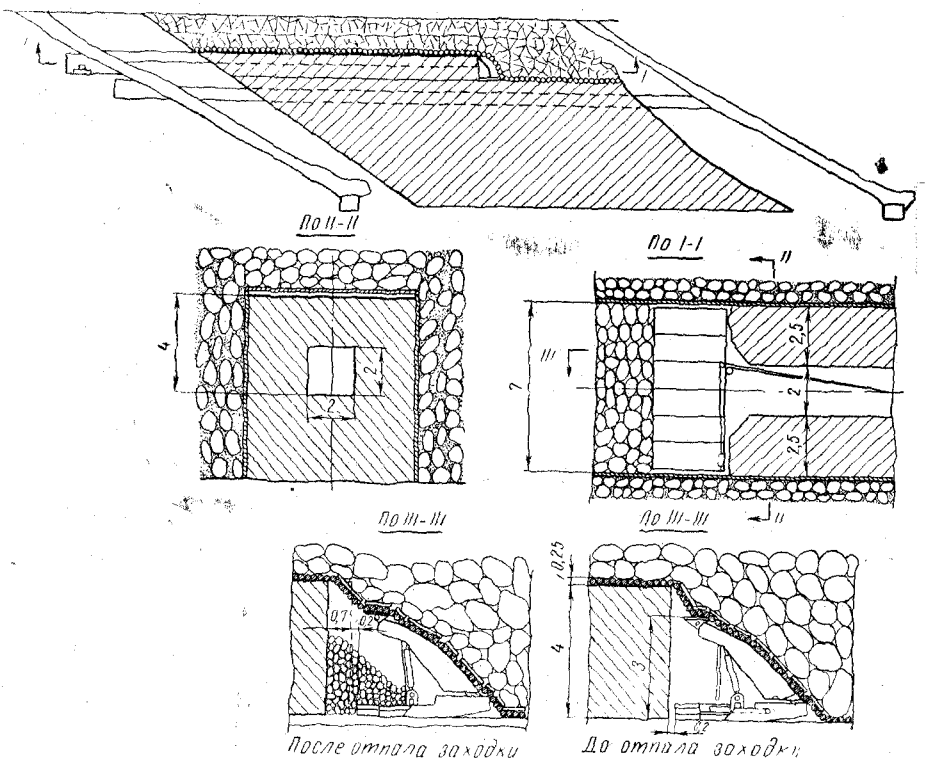


Рис. 2. Схема слоевой выемки целика с гибким перекрытием и передвижной механизированной крепью

выемке первого слоя (системой слоевого обрушения). При этой схеме выемки устраняются работы по устройству настилов на каждом слое, сокращается расход леса, уменьшаются затраты труда по креплению, обеспечивается безопасное ведение очистных работ.

Иные условия для применения современной технологии могут быть созданы в случае разработки под гибким перекрытием системой подэтажного обрушения (рис. 3). Выемку целика намечается вести на всю мощность по простиранию или вкрест простирания. С опережением 15—20 *м* ведется подсечка высотой 2,5—3,0 *м* с оставлением целиков (столбов или ленточных). Руда извлекается с торца целика обрушением штанговыми шпурами. Гибкое перекрытие, состоящее из накатника и продольных связей (канатов), укладывается заранее, и его свободный конец заворачивается в сторону забоя. После каждого взрыва перекрытие подтягивается с помощью тросов лебедками *А* в камеру подсечки и лишние звенья разбираются. Руда убирается и транспортируется до рудоспусков погрузочно-доставочными агрегатами или комплексом погрузочная машина — самоходный вагон. Этот вариант систем отличается небольшим объемом подготовительных и нарезных работ.

На основе применения гибких перекрытий и частичной цементации может быть разработано много вариантов. Одним из них может быть подэтажное обрушение с торцевым выпуском руды и частичной цементацией закладки. В этом случае из подэтажных ортов предварительно цементируются полосы шириной 2 *м* по обе стороны целика, после чего отрабатывают первый слой системой слоевого обрушения и укладывают гибкое перекрытие по висячему боку и потолочине целика. Под перекрытием руду отбивают веерными комплектами скважин и доставляют к рудоспуску погрузочно-доставочными агрегатами. В таком варианте подэтажное обрушение может обеспечить высокую производительность при низких потерях и разубоживании руды.

В табл. 3 показаны результаты проведенных на основе проектной проработки укрупненных технико-экономических расчетов различных вариантов отработки целиков.

Как видно из таблицы, лучшие показатели у вариантов 3 и 4. Однако вариант 3 (система с магазинированием руды) применим лишь на отдельных участках с крутыми углами падения. Вариант 4 (с гибким перекрытием) может быть применен практически при любых углах падения с небольшими

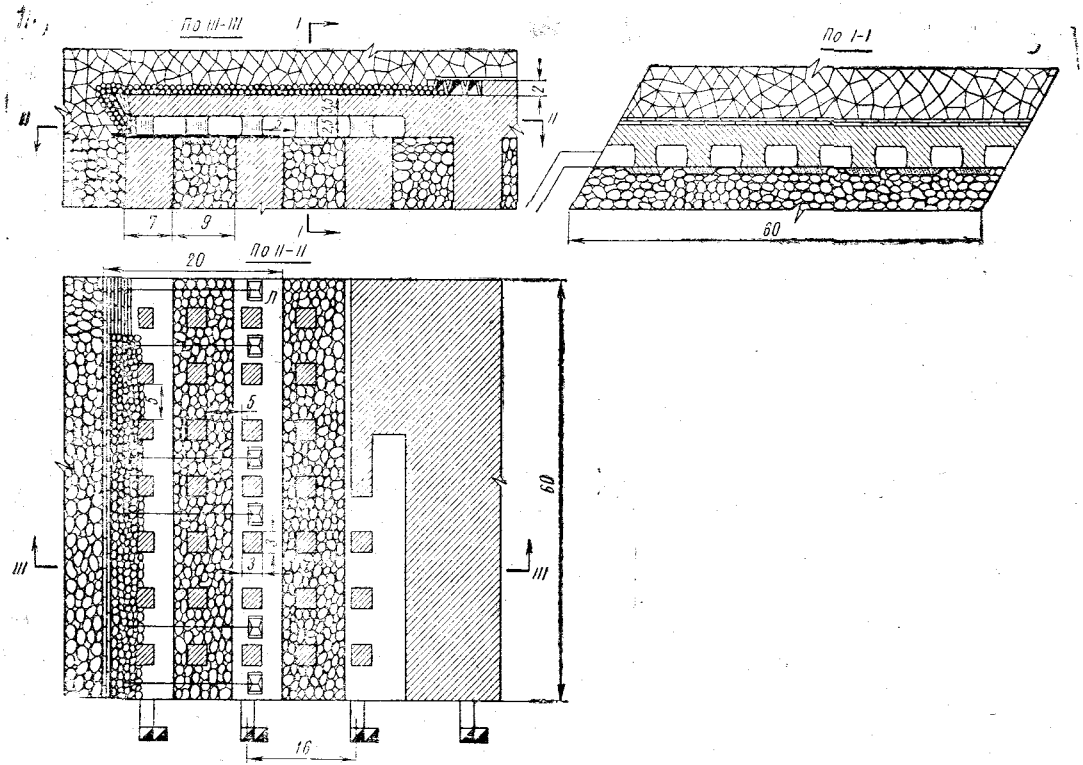


Рис. 2. Схема выемки междуэтажного целика системой подэтажного обрушения с камерно-столбовой подсечкой и гибким перекрытием

изменениями технологии, поэтому такой способ отработки целиков целесообразно проверить в первую очередь в производственных условиях для уточнения конструкции перекрытия,

Таблица 3

Номер и название варианта	Себестоимость, *руб/т*	Производительность забойного рабочего		Производительность блока, *т/смену*	Коэффициент подготовки, *м/1000 т*	Стоимость подготовительных и нарезных работ, *руб/т*
		м³/смену	*т/смену*			
1. Система слоевого обрушения	3,24	3,4	10,2	27	45,6	1,12
2. Разработка с отбойкой руды из подэтажных ортов (с полной цементацией закладки в камерах)	2,15	5,0	15,0	112	27,0	0,79
3. Разработка с магазинированием руды и частичной цементацией закладки	1,82	5,3	16,0	112	29,0	1,12
4. Разработка под гибким перекрытием (горизонтальная траншея)	1,82	5,7	17,0	120	20,0	0,92
5. Подэтажное обрушение с камерно-столбовой подсечкой и применением гибкого перекрытия (для междуэтажного целика)	2,38	5,0	15,9	270	0,6	0,03
6. Слоевая выемка под гибким перекрытием с применением механизированного комплекса	2,59	3,7	11,2	50	24,6	0,77
7. Система подэтажного обрушения под гибким перекрытием с частичной цементацией закладки	2,18	5,5	16,4	270	16,4	0,75

управления им и других технологических вопросов. Все остальные варианты выгоднее системы слоевого обрушения, но мало отличаются друг от друга. Однако с учетом горно-геологических особенностей целиков следует обратить внимание на разработку подэтажным обрушением с камерно-столбовой подсечкой и применением гибкого перекрытия (вариант 5), а также на слоевую выемку под гибким перекрытием с применением механизированного комплекса (вариант 6). Вариант 5

может дать хорошие результаты при выемке междуэтажных целиков, а вариант 6 может оказаться перспективным при отработке междукамерных целиков в пологозалегающих рудных телах. Разумеется, до применения обоих вариантов необходимо детальное изучение вопросов технологии и организации производственных исследований.

Выводы

1. Целики рудника Қаула отличаются большим разнообразием и непостоянством элементов залегания, ценности руды, закладки камер и устойчивости пород.

2. Проектом правильно принята в качестве основной система слоевого обрушения, однако возможности улучшения показателей этой системы невелики.

3. Наиболее реальными путями совершенствования способов выемки целиков на месторождении надо считать: а) применение, где это возможно, вариантов с частичной цементацией (подэтажная отбойка, с магазинированием руды и др.); б) слоевую выемку под гибкими перекрытиями как наиболее перспективный метод, обеспечивающий высокие показатели и безопасность работ; в) подэтажное обрушение с камерно-столбовой подсечкой, гибким перекрытием и самоходным оборудованием (при выемке междуэтажных целиков); г) варианты с передвижными механизированными крепями.

4. Намеченные варианты систем выемки целиков требуют детальной проработки и широких испытаний в производственных условиях.