

УДК 622.013.364

**Ю.В. Волков, И.В. Соколов, А.А. Смирнов,
Ю.Г. Антипин, Г.А. Чаговец**

ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕННЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ОТРАБОТКИ

Показаны особенности разработки уральских медноколчеданных месторождений по этажно-камерной системе с твердеющей закладкой и ее недостатки. В рамках проведенной систематизации вариантов технологии отработки камер установлены зависимости показателей эффективности от увеличенных геометрических параметров с учетом соответствующих изменений потерь и разубоживания.

Ключевые слова: уральские медноколчеданные месторождения, показатели эффективности, увеличенные геометрические параметры, потери и разубоживание.

Проведенный анализ горно-геологических и горнотехнических условий освоения уральских медноколчеданных месторождений по этажно-камерной системе разработки с твердеющей закладкой позволил выделить общие особенности:

- снижение содержания меди в балансовых запасах с увеличением глубины разработки и широкий диапазон изменения его в пределах отработки ваемого этажа (0,5 — 2,1 %);

- вмещающие породы всякого бока представлены весьма неустойчивыми кварцево-серицитовыми и хлоритовыми сланцами мощностью от 2 до 20 м (иногда до 60), которые при обнажении отслаиваются и обрушаются в очистное пространство;

- в результате разубоживание повышается до 20 %, что, в общем, не характерно для этажно-камерной системы разработки с последующей закладкой выработанного пространства;

- уровень нормативных потерь и разубоживания установлены техническими проектами 20 и более лет назад и не соответствует существующим

в настоящее время горно-геологическим и экономическим условиям;

- потенциальная опасность самовозгорания медноколчеданных руд;

- устойчивые и весьма труднобуриемые руды;

- применяемая технология отбойки веерами скважин диаметром 105 мм зачастую не обеспечивает необходимого качества дробления, особенно при выемке камер II и III очереди. При этом выход негабарита увеличивается со среднего по руднику 12 до 20 %;

- в результате воздействия массовых взрывов и горного давления происходит увеличение ширины камер I очереди путем отслоения (обрушения) стенок, что в условиях стадийной выемки неизбежно приводит к уменьшению ширины камер II и III очереди;

- междукамерные целики (камеры II и III очереди), устойчивость которых от технологической нарушенности взрывными работами и нарезными выработками и так невысока, становятся менее устойчивыми еще и в результате уменьшения их ширины на 25 %.

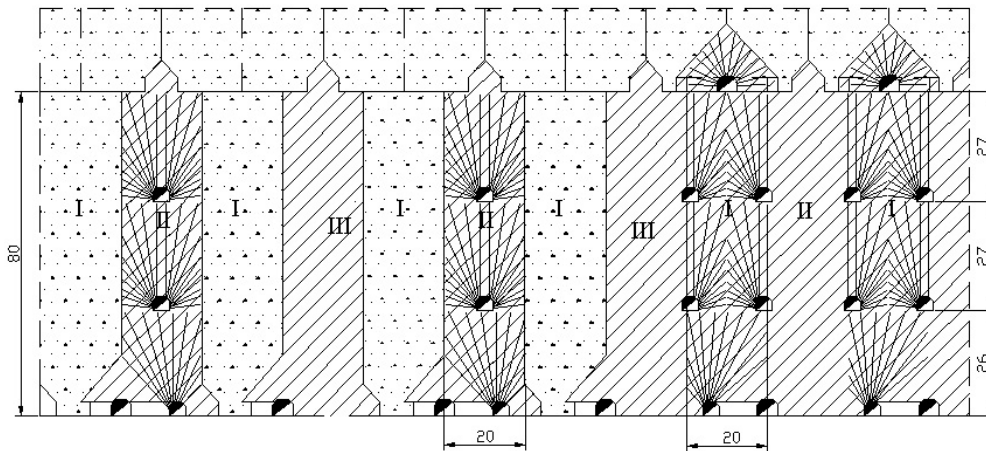


Рис. 1. Порядок и схема отработки запасов этажа на Гайском подземном руднике

Таблица 1

Варианты отработки камер с УГП и диапазон их изменения

Вариант	Комбинация УГП		Диапазон изменения УГП, м		
	Количество параметров	Наименование параметров	Мин. (базовый)	Макс.	Шаг изменения
1	1	Ширина	20	40	5
2	1	Высота	80	160	26-27
3	1	Длина *	40	120	20
4	2	Ширина	20	40	5
		Высота	80	160	26-27
5	2	Ширина	20	40	5
		Длина	40	120	20
6	2	Высота	80	160	26-27
		Длина	40	120	20
7	3	Ширина	20	40	5
		Высота	80	160	26-27
		Длина	40	120	20

* Принимается равной мощности рудного тела.

Рассмотренные особенности вызывают резкое снижение безопасности и эффективности применяемой этажно-камерной системы разработки.

Одним из перспективных направлений развития этажно-камерной системы разработки с твердеющей закладкой является увеличение геометрических параметров камер 1,5—2,0 раза и более. При этом эффективность добычи достигается за счет сокращения объема проход-

ческих работ, повышения интенсивности отработки месторождения и концентрации горных работ, снижения потерь и себестоимости добычи. Однако наряду с преимуществами имеются недостатки, которые создают определенные технологические трудности и сдерживают широкое применение камерной выемки с увеличенными геометрическими параметрами (УГП). Такими недостатками являются:

- снижение безопасности работ за счет уменьшения устойчивости элементов очистного пространства (кровли и стенки камеры);

- повышение разубоживания в результате увеличения как размеров очистного пространства, так и времени отработки камеры;

- увеличение выхода негабарита (при веерном расположении скважин) за счет снижения равномерности распределения ВВ в отбиваемом массиве, в результате искривления взрывных скважин;

- значительное увеличение продолжительности отработки камеры, в связи, с чем возникает необходимость в существенном повышении интенсивности очистной выемки;

- преждевременный износ днища камер в результате повышения объема отбиваемой и выпускаемой руды, особенно это ярко проявляется при выемке камер II очереди.

Анализ теории и практики применения этажно-камерной системы разработки показал, что увеличение геометрических параметров проводилось, как правило, в благоприятных горно-геологических условиях. При этом их влияние на прибыль оценивалось на уровне выемочной единицы только с учетом положительных факторов, а отрицательные не учитывались. В условиях медноколчеданных месторождений необходим учет отрицательного влияния геометрических параметров для объективного обоснования эффективности камерной выемки.

В качестве примера рассмотрена технология разработки Гайского месторождения как наиболее представительного по запасам и типичного по горно-геологическим условиям на Урале (рис. 1).

Опыт применения технологии камерной выемки с УПП на отечествен-

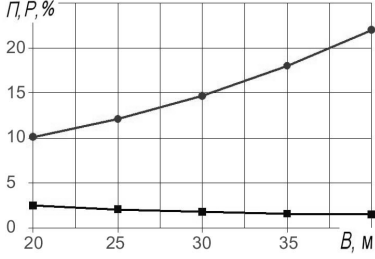
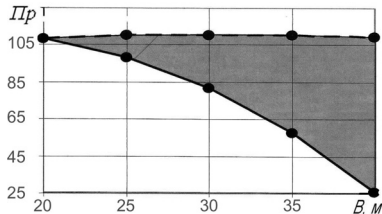
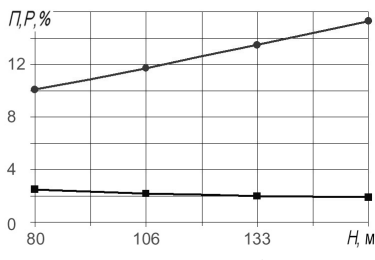
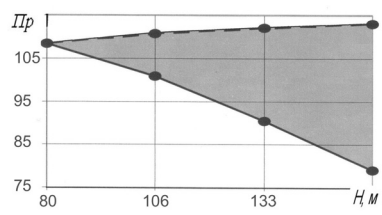
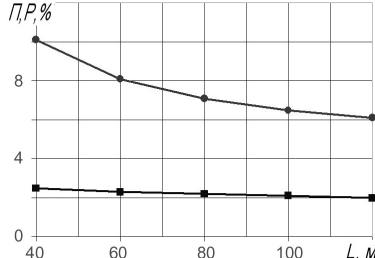
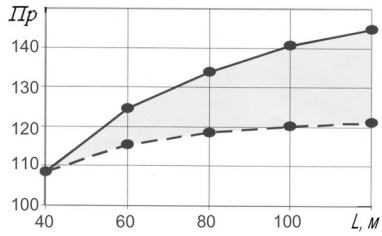
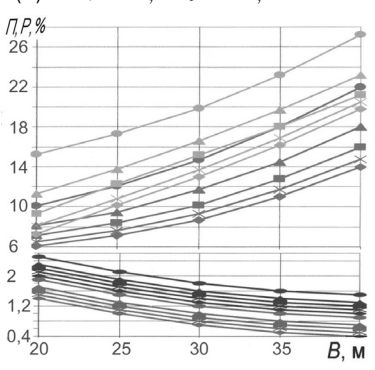
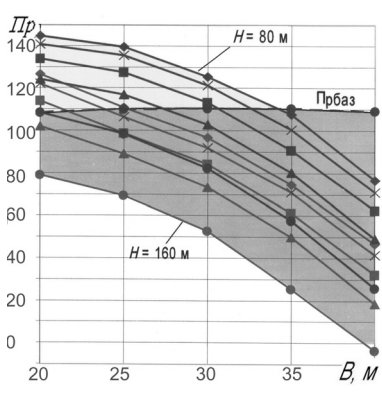
ных и зарубежных рудниках показал, что при отработке камер возможны 7 вариантов комбинаций УПП и величина параметров отличается значительной вариативностью. Известно, что характер и степень влияния каждого отдельно взятого геометрического параметра камеры на ТЭП ее отработки является различным. Очевидно, что увеличение одного или одновременно нескольких параметров приведет к различному изменению ТЭП отработки камеры, поэтому необходимо оценивать экономическую эффективность всех возможных вариантов. Систематизация возможных вариантов отработки камеры с УПП по признаку их комбинации и диапазон изменения значений геометрических параметров представлены в табл. 1.

Пределы изменения значений геометрических параметров очистных камер соответствуют реальным параметрам наиболее широко применяемых на практике отработки месторождений с аналогичными условиями. Кроме того, Гайский подземный рудник имеет опыт отработки камер высотой до 160, шириной до 40 и длиной до 80 м, и возможность применения их по горно-геологическим и горнотехническим условиям.

В рамках предложенной систематизации оценивалось влияние УПП на извлекаемую ценность ($L_{изв.}$), затраты на добычу и обогащение руды ($Z_{до.}$) и прибыль на уровне ГОКа ($Гр$) с учетом соответствующих изменений потерь ($П$) и разубоживания ($Р$). При этом использовалась методика определения $Гр$ в расчете на единицу погашаемых балансовых запасов камеры, утвержденная Ростехнадзором. Рассмотрены только варианты 1—3 и 7 технологии с УПП, поскольку варианты 4-6 являются промежуточными и учтены в варианте 7.

Таблица 2

Влияние увеличенных геометрических параметров на изменение потерь, разубоживания и прибыли по вариантам технологий 1-3 и 7

Вариант	П и Р, %	Пр, руб./т
1	 <p>$P(B) = 8,9743 - 0,2117B + 0,0134B^2$</p>	 <p>$Пр(B) = 72,4229 + 4,7489B - 0,1477B^2$</p>
2	 <p>$P(H) = 4,8447 + 0,06518H$</p>	 <p>$Пр(H) = 122,0782 - 0,0707H - 0,0012H^2$</p>
3	 <p>$P(L) = 15,02 - 0,1509L + 16,4286 \cdot 10^{-4}L^2$</p>	 <p>$Пр(L) = 68,1 + 1,2097L - 0,0048L^2$</p>
7	 <p>$P(B, L) = 17,688 + 0,1888B - 0,2828L + 0,0064B^2 + 0,0004BL + 0,0011L^2$</p>	 <p>$Пр(B, L) = 24,14 + 2,44B + 1,57L - 0,11B^2 + 0,0036BL - 0,0068L^2$</p>

Аналитическими расчетами определено влияние УГП на P и R (табл. 2, графа 2). Установлено, что во всех вариантах P снижаются, R повышается при увеличении B и H и снижается при увеличении L . Повышение разубоживания по камере происходит за счет увеличения объема, отслоившихся вмещающих пород висячего бока.

В результате экономико-математического моделирования получены зависимости влияния УГП на Pr с учетом величин P и R , соответствующих различным вариантам (см. табл. 2, графа 3). Из графиков видно, что существуют области отрицательного влияния B и H и положительного влияния L . Отрицательное влияние геометрических параметров объясняется повышением разубоживания, а положительное — его снижением. Влияние потерь незначительно. Анализ данных моделирования показал следующее.

Вариант 1. Увеличение B с 20 до 40 м снижает удельную Pr на 82,4 руб. за счет повышения $Z_{д.о.}$ на 54,5 руб. и уменьшения $L_{изв.}$ на 27,9 руб. в результате увеличения P с 10 до 22 %. Область отрицательного влияния разубоживания на Pr показана на графике розовым цветом, а положительного — зеленым. Здесь и в дальнейшем область отрицательного влияния разубоживания на Pr ограничена на графиках: сверху пунктирной линией — это график Pr от УГП при базовых $P=2,5$ и $R=10,1$ %; снизу — это аналогичный график с учетом строго определенных P и R , соответствующих различным вариантам комбинации УГП. Соответственно, область положительного влияния разубоживания расположена выше пунктирной линии.

Вариант 2. Увеличение H с 80 до 160 м снижает удельную Pr на 29,4 руб. за счет повышения $Z_{д.о.}$ на 18,3

руб. и уменьшения $L_{изв.}$ на 11,1 руб. в результате увеличения P с 10 до 15 % (область отрицательного влияния P).

Вариант 3. Увеличение L с 40 до 120 м повышает удельную Pr на 36,3 руб. за счет снижения $Z_{д.о.}$ на 24,1 руб. и повышения $L_{изв.}$ на 12,2 руб. в результате уменьшения P с 10 до 6 % (область положительного влияния).

Вариант 7. При одновременном увеличении B , H и L величина Pr снижается или повышается по отношению к базовой в зависимости от соотношения значений УГП. Следовательно, существуют области как положительного, так и отрицательного влияния УГП.

Таким образом, установлено, что при увеличении геометрических параметров эффективность отработки камер по традиционной технологии в значительной степени определяется величиной разубоживания в зависимости от комбинации УГП. При этом эффективность выемки камерных запасов существенно снижается из-за отрицательного влияния разубоживания на себестоимость добычи и обогащения руды, извлекаемую ценность и, в конечном итоге, на прибыль горного предприятия.

Из 25 рассмотренных отечественных и зарубежных рудников, применяющих камерную систему разработки, практически во всех случаях при ухудшении горно-геологических условий использовались следующие способы сохранения устойчивости очистного пространства: уменьшение геометрических параметров камеры; стадийная отработка камер; предварительное укрепление ослабленного массива с помощью стальных анкеров; магазинирование руды или породы в очистном пространстве; сооружение бетонных подпорных стенок и гибких перекрытий; применение временных

рудных целиков; оставление постоянных целиков или предохранительных рудных «корок».

Сравнительный анализ показал, что для наших условий наиболее приемлемым способом снижения разубоживания является применение предохранительных целиков (ПЦ). Они не допускают обнажения неустойчивых вмещающих пород и обеспечивают сохранение устойчивости очистного пространства в течение всего периода отработки камеры, что позволяет существенно повысить безопасность работ и снизить разубоживание без дополнительных затрат. Недостатком этой технологии является увеличение

потерь, определяемых размерами ПЦ. Очевидно, что технология камерной выемки, предусматривающая оставление ПЦ, требует технико-экономического обоснования. Поэтому изыскание адекватной рассмотренным условиям технологии представляется актуальным.

Исследования проведены в рамках Программы ОНЗ РАН №3 «Комплексное освоение недр Земли: новые методы разработки и обогащения многокомпонентных руд и углей в условиях кризиса» по проекту «Обеспечение устойчивого развития горного производства при освоении месторождений многокомпонентных руд и углей». **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Волков Юрий Владимирович — доктор технических наук, профессор, зав. лаб. подземной геотехнологии,

Соколов Игорь Владимирович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаб. подземной геотехнологии,

Смирнов Алексей Алексеевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаб. подземной геотехнологии

Антипин Юрий Георгиевич — кандидат технических наук, ведущий инженер лаб. подземной геотехнологии,

Чаговец Галина Алексеевна — младший научный сотрудник, горный инженер, лаб. подземной геотехнологии,

ИГД УрО РАН, e-mail: geotech@igd.uran.ru.



Лебединский ГОК. Работы в карьере