

УДК 622.34 (470.21)

Лукичев Сергей Вячеславович

доктор технических наук, врио директора,
Горный институт КНЦ РАН,
184209, Мурманская обл., г. Апатиты,
ул. Ферсмана 24
e-mail: lu24@goi.kolasc.net.ru

Любин Александр Нестерович

кандидат технических наук,
научный сотрудник,
Горный институт КНЦ РАН
e-mail: ljubin@goi.kolasc.net.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПОЛНОТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И КАЧЕСТВА РУД ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТОНКИХ ПОЛОГИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*

Аннотация:

Рассмотрено техническое решение разработки тонких пологих рудных залежей Карнасуртского участка Ловозерского месторождения парными заходками. Установлено, что очистная выемка балансовых запасов в блоке парными заходками позволит применить анкерное крепление для поддержания пород кровли. Использование анкерного крепления в очистном пространстве ограниченной высоты вместо внутриблоковых целиков и технологии селективной выемки на основе взрыворазделения руды и пород лежащего бока во второй заходке сокращают потери и разубоживание добытой руды на 9 – 11 и 22 – 27 %, соответственно.

Ключевые слова: тонкие пологие рудные залежи, потери, разубоживание, парные заходки, взрыворазделение руды и породы, анкерное крепление

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.069

Lukichev Sergey V.

Doctor of technical sciences,
deputy acting director of the institute,
The Mining Institute KSC RAS,
184209, Murmansk, Apatite, 24 Fersman st.
e-mail: lu24@goi.kolasc.net.ru

Ljubin Alexander N.

candidate of technical sciences, researcher,
The Mining institute KSC RAS
e-mail: ljubin@goi.kolasc.net.ru

INCREASE OF ORE EXTRACTION AND QUALITY WHEN DEVELOPING THIN FLAT DEPOSITS

Abstract:

The authors have considered an engineering solution to develop the Karnasurtzky thin flat ore bodies located in the Lovozersky deposit by a double-cut mining method. It has been set that the stoping excavation of balance reserves by double-cuts will make it possible to apply rock anchor for supporting roof's rocks. The rock anchor application in a stoping face with a limited height instead of in-block pillars and a selective excavation technology in terms of ore and rocks blast-separation of footwall in a second cut reduce losses and dilution of the mined ore by 9-11% and 22-27%, correspondingly.

Key words: thin flat ore bodies, losses, dilution, double-cuts, ore and rock blast-separation, roof bolting.

Половина мировых запасов цветных металлов сосредоточена в рудах тонких и маломощных месторождений [1]. Значительная доля таких запасов представлена пологими рудными залежами. Около 20 % от общего количества всех маломощных месторождений, расположенных на территории постсоветского пространства, имеют пологое залегание рудных тел [2].

Небольшая мощность рудных тел в сочетании со сложными условиями их залегания способствует разубоживанию извлекаемого полезного ископаемого. В зависимости от балансовой мощности месторождения показатели разубоживания могут изменяться в диапазоне от 30 до 50 %, достигая в отдельных случаях 70 – 80 %, с последующим ухудшением технико-экономических показателей горно-обогатительных предприятий [2, 3, 4].

Экономические расчеты, выполненные по ряду рудников, показывают, что ущерб от разубоживания достигает 20 – 30 %, а в отдельных случаях 40 % себестоимости металлов [3]. Он обусловлен в основном дополнительными затратами труда и материаль-

* Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований РАН №5 «Месторождения стратегического сырья в России: инновационные подходы к их прогнозированию, оценке и добыче»

ных средств на доставку и транспортировку породы, ее дробление и переработку на обогачительных фабриках. В связи с этим повышение качества добываемой руды является одним из основных направлений эффективной разработки тонких рудных залежей, особенно при добыче стратегического сырья, которое, как правило, представлено ценными рудами.

Сокращение ущерба от потерь балансовых запасов, наряду с повышением качества добываемой руды, является вторым актуальным направлением эффективной разработки тонких рудных залежей. Это обусловлено тем, что добыча руд из таких месторождений полезных ископаемых часто производится системами разработки с открытым очистным пространством, которые характеризуются высокими значениями потерь балансовых запасов в целиках, поддерживающих подработанный массив.

Для решения задачи повышения полноты извлечения и качества руд при разработке тонких пологих месторождений необходим принципиально новый подход к выполнению процессов очистных работ, позволяющий применить в очистных забоях современное горное оборудование при выполнении процессов бурения и зарядания шпуров, уборке горной массы и креплении кровли очистного пространства.

До настоящего времени подземная добыча руд пологих тонких месторождений базируется на использовании переносного оборудования для выполнения очистных работ сплошным забоем, так как высота очистного пространства не позволяет эффективно применять технические решения с использованием самоходного оборудования из-за его больших габаритов по сравнению с балансовой мощностью рудных залежей месторождений. Кроме того, ограниченная высота очистного пространства не позволяет применять некоторые прогрессивные технические решения, которые широко применяются при проходке подготовительных выработок и в очистных забоях месторождений средней мощности. Например, разработка системами с открытым очистным пространством месторождений мощностью более 3 м обычно производится с поддержанием пород кровли очистного пространства анкерной крепью. При этом минимальная высота очистного пространства с позиции размещения оборудования и эргономичности производства процесса крепления должна составлять 1,6 – 1,8 м. В случае меньших значений высоты очистного пространства использовать такое техническое решение затруднительно, так как возникают сложности с бурением шпуров и установкой анкерной крепи в кровлю выработки. Поддержание пород кровли в таких условиях стоечной крепью также неэффективно, она не выдерживает нагрузки от взрыва на близком расстоянии шпуровых зарядов и летящих с большой кинетической энергией кусков горной массы. Поэтому в очистном пространстве ограниченной высоты, не позволяющей установку анкерной крепи, приходится оставлять небольших размеров регулярные внутриблоковые целики, которые не выполняют функцию поддержания пород всяческого бока, а только поддерживают отслаивающиеся из кровли очистного пространства вмещающие породы. Включение таких конструктивных элементов в конструкцию сплошной системы трансформирует ее в группу камерно-столбовых систем разработки и сопровождается ростом потерь балансовых запасов.

Подобного рода трансформации систем разработки происходили на руднике «Карнасурт», разрабатывающем участок Ловозерского месторождения с одноименным названием.

Эксплуатируемая часть Карнасуртского участка Ловозерского месторождения представлена двумя согласно залегающими на расстоянии 100 – 120 м друг от друга пологими пластообразными рудными залежами под углом 12°, выходящими на поверхность на склоне горного массива. Контур промышленных руд устанавливается опробованием. Их балансовая мощность изменяется от 0,7 до 1,1 и от 0,3 до 0,5 м малиньитовой и уртитовой рудных залежей, соответственно. Содержание полезного компонента (минерала лопарита) в продуктивной зоне всего Ловозерского месторождения около

2 - 3 % [5]. На Карнасуртском участке оно изменяется в широком диапазоне и в некоторых зонах достигает 8 %.

Скальный массив рудосодержащих и вмещающих пород является крепким и характеризуется коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодяконова $f = 12 - 20$. Он незначительно нарушен тектоническими трещинами. При этом обнажения кровли площадью 7 - 12 тыс. м² устойчивы [6].

Месторождение начали разрабатывать в 1951 году системой с открытым очистным пространством. С этого времени подработанные налегающие породы поддерживаются на большой площади оконтуривающими блок (околоштрековыми и междублоковыми) целиками. С изменением горно-геологических условий разработки месторождения параметры устойчивого пролета значительно сократились. В 1990 году рудник «Карнасурт» полностью перешел на отработку балансовых запасов системой с оконтуривающими блок и регулярными внутриблоковыми целиками размером 1-2 × 3-4 м [7].

Таким образом, сплошная система трансформировалась в камерно-столбовую систему разработки с открытым очистным пространством.

По условиям технологии очистных работ минимальная сетка расположения внутриблоковых целиков должна быть не менее 6 × 6 м. Сейчас на руднике такая сетка применяется повсеместно, тем не менее, вывалы и отслоения пород из кровли все равно происходят. Наблюдения показывают, что в некоторых зонах отрабатываемого месторождения это случается на расстоянии 0 - 4 м от груди забоя или стенки целиков на площади значительных размеров [8]. В этом случае балансовые запасы таких зон извлечь эффективно невозможно, и они остаются в целиках, переходя в разряд эксплуатационных потерь. На отдельных участках они составляют 50 % балансовых запасов блока. Незапланированное оставление такого объема балансовых запасов в совокупности с внутриблоковыми и оконтуривающими блок целиками способствовало росту потерь в целом по руднику и среднее их значение в 2015 году составило 28 %. Доля потерь балансовой руды во внутриблоковых целиках составляла от 9 до 11 %.

Несмотря на большой объем оставляемых балансовых запасов в целиках, количество вывалов и отслоений пород из кровли в очистных выработках не уменьшается. Ежегодно вблизи очистных забоев и целиков геолого-маркшейдерской службой фиксируется до 60 - 80 плитообразных вывалов пород из кровли площадью от 4 до 40 м², мощностью 0,1 - 0,5 м [8]. Кроме этих вывалов, дополнительному разубоживанию добытого полезного ископаемого способствует увеличение высоты очистного пространства в процессе отбойки. При балансовой мощности месторождения менее 1 м, а на некоторых участках она достигает 0,4 м, и выемочной мощности 1,35 м среднее значение разубоживания на руднике в 2015 году составило 5 %.

Проведенными Горным институтом КНЦ РАН исследованиями установлено, что основной причиной неустойчивого состояния кровли в очистных выработках являются высокие тектонические напряжения в массиве горных пород. В настоящее время на достигнутых глубинах разработки Карнасуртского участка Ловозерского месторождения горизонтальные тектонические напряжения составляют 40 - 50 МПа и в 4 - 6 раз превышают по величине вертикальные напряжения. Плитообразная форма вывалов и отслоений в очистных выработках, а также их приуроченность к сопряжению кровли с забоем или целиками свидетельствует о ее разрушении высокими сжимающими тектоническими напряжениями [8]. Другой причиной отслоений пород кровли в очистных выработках является большое количество оперяющих трещин в зоне геологических нарушений массива горных пород.

Для повышения полноты извлечения и качества руд на достигнутых глубинах разработки Карнасуртского участка Ловозерского месторождения предложена технология очистной выемки балансовых запасов блока парными заходками (рис. 1).

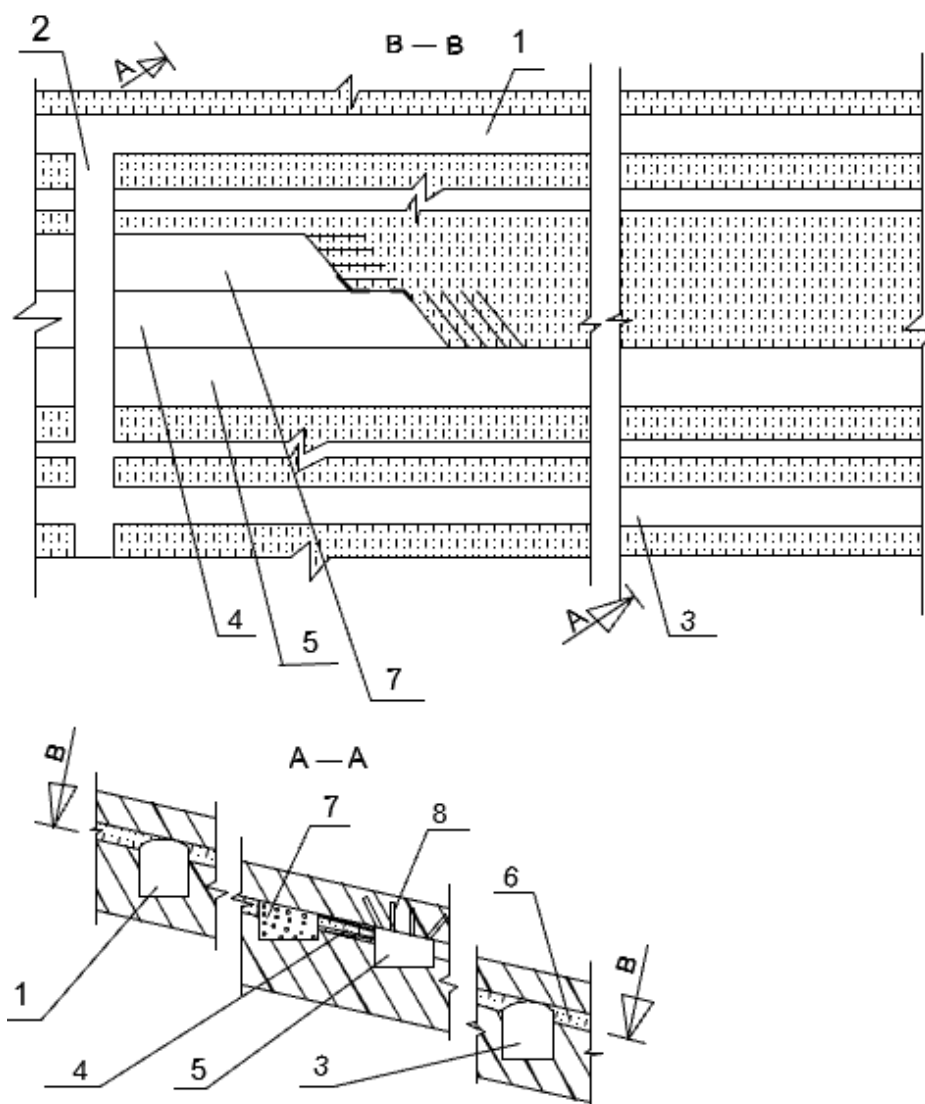


Рис. 1 – Технологическая схема системы разработки с открытым очистным пространством пологих маломощных и тонких рудных залежей парными заходками:

1 – вентиляционный штрек; 2 – наклонный восстающий; 3 – транспортный штрек;
4 – заходка № 1; 5 – вторая заходка предыдущей пары заходок (транспортный горизонт);
6 – рудная залежь; 7 – заходка № 2; 8 – анкерная крепь

Суть разработанного технического решения заключается в следующем.

После проведения подготовительных и нарезных выработок (1 - вентиляционный штрек, 2 - наклонный восстающий, 3 - транспортный штрек) блок по восстанию разбивают на парные заходки, которые отрабатывают по простиранью. При этом вторая заходка каждой предыдущей пары в последующем используется в качестве транспортного горизонта для последующей пары заходок. Ширину второй заходки в каждой паре определяют из условия размещения горного оборудования, а первой – из условия максимальной глубины бурения шпуров применяемым оборудованием. При этом отбойку балансовых запасов блока на стадии очистной выемки производят в заходках, число которых кратно двум. В каждой паре заходок шпуровые заряды ВВ взрывают за один прием с подрывкой пород лежачего бока во второй заходке, которую располагают с отставанием от первой на величину уходки за цикл. В результате этого отбитая из обеих заходок руда силой взрыва переместится во вторую заходку предыдущей пары заходок (на транспортный горизонт), а порода лежачего бока второй заходки разместится на ее же почве. Такой

способ отбойки позволит осуществить разработку рудных залежей Карнасуртского участка месторождения с частичной селективной выемкой балансовых запасов блока и тем самым повысить качество добытой рудной массы по содержанию в ней полезного компонента.

Предложенная технология очистной выемки парными заходками позволяет вслед за продвижением забоя крепить кровлю во вторых заходках любыми существующими в горной практике способами. А выемку первых заходов можно вести без крепления, так как в них не присутствуют горнорабочие в течение всего времени отработки блока. Кроме того, в случае применения анкерной крепи площадь кровли в зоне первых заходов может быть частично закреплена за счет раскоски крайних анкеров каждого из рядов крепи во вторых заходках. В условиях рудника «Карнасурт», где есть необходимость исключить вывалы пород из кровли мощностью до 0,5 – 1,0 м, это можно сделать установкой анкерной крепи. Длина анкеров определяется характером трещин в массиве пород кровли. В зонах отсутствия геологических нарушений их длина не должна превышать 1,5 м. В этом случае не будет необходимости оставлять в очистных блоках внутриблоковые целики, и тем самым произойдет трансформация камерно-столбовой системы обратно в сплошную систему разработки с открытым очистным пространством. Отказ от внутриблоковых целиков позволит сократить потери на 9 – 11 %. Кроме того, перемещение силой взрыва руды, отбитой в пределах контура балансовой мощности в зону очистного пространства с закрепленной кровлей, исключит разубоживание ее отслаивающимися в призабойной зоне вмещающими породами. При выемочной мощности менее 1 м разубоживание руд, добываемых на Карнасуртском участке Ловозерского месторождения, снизится на 22 – 27 %.

Таким образом, очистная выемка парными заходками и креплением кровли во второй из них анкерной крепью позволит сократить разубоживание балансовых запасов до 25 – 30 %, а их потери до 17 – 19 % по сравнению с фактическими на руднике «Карнасурт» 52 – 54 и 27 – 29 %, соответственно.

Литература

1. Михайлов Ю.В. Ценные руды: Технология и механизация подземной разработки месторождений: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.В. Михайлов, Ю.Д. Красников. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.
2. Мамсуров Л.А. Анализ современных систем разработки пологопадающих жил / Л.А. Мамсуров // Исследования систем и технологий разработки угольных и рудных месторождений. - М.: Недра, 1959. - С. 158 - 177.
3. Дубынин Н.Г. Совершенствование технологии выемки тонких наклонных жил / Н.Г. Дубынин, В.А. Фесенко. - Новосибирск: Наука СО, 1974. - 109 с.
4. Нифонтов Б.И. Сплошная система разработки пологопадающей маломощной рудной залежи / Б.И. Нифонтов, И.И. Бессонов, В.Н. Боборыкин. - Л.: Наука, 1974. - 68 с.
5. Уникальные и нетрадиционные месторождения редких элементов в России / А.А. Кременецкий, Э.А. Буренков, Т.Ю. Усова, Е.Д. Осокин // Разведка и охрана недр. - 1996. - № 4 - 5. - С. 20 - 25.
6. Ловчиков А.В. Вывалообразование из кровли очистных выработок пологопадающих маломощных рудных залежей в тектонически напряжённом массиве / А.В. Ловчиков // Известия вузов. Горный журнал. - 2014. - № 1. - С. 21 - 26.
7. Повышение эффективности системы разработки на руднике «Карнасурт» / И.И. Бессонов, В.Н. Боборыкин, А.Н. Любин и др. // Горный журнал. - 1990. - № 1. - С. 19 - 21.
8. Ловчиков А.В. Совершенствование метода управления кровлей податливыми целиками на руднике «Карнасурт» / А.В. Ловчиков, А.А. Королёв // Горный информационно-аналитический бюллетень - 2015. - ОВ 60-1. - С. 181 - 188.