УДК 622.2

В.А.БАХТИН, *заместитель начальника горного управления по ОГР, V.Bahtin@pitergor.ru*
Л.И.БОГУСЛАВСКАЯ, *главный инженер проектов, L.Boguslavskaya@ pitergor.ru*
С.В.КИРЮКОВ, *канд. техн. наук, директор по развитию проектов, S.Kirukov@pitergor.ru*
Е.Н.КОЗЛОВ, *канд. техн. наук, зам. начальника горного управления по ПГР, E.Kozlov@pitergor.ru*
Т.А.ПРОЛОМОВА, *канд. техн. наук, главный специалист по ОГР, T.Prolomova@pitergor.ru*
А.Д.ФОМЕНКО, *главный инженер дирекции по проектированию, A.Fomenko@pitergor.ru*
ЗАО «Санкт-Петербургская горная проектно-инжиниринговая компания»

V.A.BAKHTIN, *deputy head of mining board for open-cut mining, V.Bahtin@pitergor.ru*
L.I.BOGUSLAVSKAYA, *chief engineering manager, L.Boguslavskaya@ pitergor.ru*
S.V.KIRYUKOV, *PhD in eng.sc, director in projects development, S.Kirukov@pitergor.ru*
E.N.KOZLOV, *PhD in eng. sc., deputy head of mining board for underground mining, E.Kozlov@pitergor.ru*
T.A.PROLOMOVA, *PhD in eng.sc., chief specialist in open-cut mining, T.Prolomova@pitergor.ru*
A.D.FOMENKO, *chief engineer of design engineering directorate, A.Fomenko@pitergor.ru*
CJSC «Saint Petersburg Mining Project and Engineering Company»

ОСОБЕННОСТИ ОТРАБОТКИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Приведен обзор опыта проектирования отработки открытым способом очень крупного золоторудного крутопадающего месторождения. Рассмотрены осложняющие факторы в виде старых подземных выработках и напорных подмерзлотных вод. Предложено вскрытие глубинных горизонтов наклонными конвейерными рудными и породными стволами, дробление руды и породы в карьере перед подачей на конвейеры полустационарными дробилками, водопонижение кольцевыми выработками с транспортом собранной воды по конвейерным стволам.

Ключевые слова: карьер, старые подземные выработки, напорные подмерзлотные воды, наклонные конвейерные стволы, циклично-поточная технология, полустационарные дробилки, автомобильный транспорт.

PARTICULARITIES OF GOLD ORE DEPOSIT DEVELOPMENT IN COMPLEX ENVIRONMENT

Review of the design experience in the open-cut development of a very large gold ore steeply pitching deposit are given. Complicating factors are previous underground workings and pressure subpermafrost waters. Opening of depth horizons by ore and rock incline conveyor shafts. Crushing of ore and rock in an open-pit mine before they are delivered to conveyors by semi-mobile crushers. Water depression by ring-type workings with transportation of the collected water by conveyor shafts.

Key words: open-cut mine, previous underground workings, pressure subpermafrost waters, incline conveyor shafts, cyclical-and-continuous method, semi-mobile crushers, motor transport.

Современное состояние горной промышленности в России позволяет по-новому взглянуть на некоторые ранее считавшиеся отработанными месторождения. Увеличение цен на металл за последнее время делает возможной повторную отработку таких месторождений открытым способом.

Предлагается обзор опыта проектирования горной части очень крупного золоторудного месторождения, в течение более

50 лет ранее отрабатываемого подземным способом. Месторождение расположено в Магаданской области.

Помимо старых горных выработок отработка осложняется следующими факторами:

- сложный нагорный рельеф с большими перепадами высотных отметок;
- удаленность от промышленных центров, слабая инфраструктура;
- наличие мощного слоя вечной мерзлоты и подмерзлотных напорных вод;
- необходимость поддерживать высокую годовую производительность.

Общий объем вынутой подземным способом руды составляет около 30 млн т. Общие запасы руды на месторождении – более 850 млн т, в конечный контур карьера попадают все поставленные на баланс запасы.

Годовая производительность, рассчитанная по формуле Тейлора, должна составлять 36 млн т в год. Многочисленные предпроектные проработки показывают, что экономически выгодная производительность по руде при отработке открытым способом колеблется от 20 до 60 млн т в год.

Месторождение планируется отрабатывать последовательным вводом очередей: 1-я очередь – 10 млн т руды/год, выход на производительность в 10 млн т/год осуществляется в первые 3 года от начала горных работ; 2-я очередь – 20 млн т руды/год – достигается через 6 лет и 3-я очередь – 40 млн т руды/год – достигается через 10 лет от начала горных работ.

На начальном этапе отработки предполагается недостаток электроэнергии, поэтому планируется использование дизельного выемочно-погрузочного и бурового оборудования с последующей заменой на электрическое исполнение с сохранением выбранных типоразмеров.

При подготовке календарного плана отработки в основу положена необходимость обеспечения фабрики стабильным потоком руды, поскольку при таких годовых мощностях по руде различного рода буферные склады приобретают гигантские размеры. В проекте заложен двухнедельный склад руды при фабрике.

Особенности рельефа в рассматриваемом регионе делят карьер на нагорную и глубинную части (ниже достигаемого замкнутого контура по поверхности), что предусматривает разные варианты вскрытия.

Оптимальным способом вскрытия нагорной части карьера является вскрытие полутраншеями через каждые 30 м по вертикали (две высоты вскрышного уступа). Полутраншеи примыкают к основной автодороге, по которой осуществляется связь карьера с отвалами и промплощадкой, каждая внешняя полутраншея, примыкающая к карьеру, используется для вскрытия рабочих горизонтов вверх и вниз относительно отметки примыкания к технологической дороге.

Вскрытие уступов в рабочей зоне карьера производится посредством временных автомобильных съездов (полутраншеями внутреннего заложения) и разрезными траншеями. Постоянные и временные автодороги в карьере с учетом нагорной части устанавливаются в виде спирально-петлевых съездов в промежуточном и конечном положении борта.

Транспортировка горной массы преимущественно осуществляется автотранспортом.

При отработке нагорной части с учетом постановки бортов карьера в конечное положение добывается значительный объем пустой породы, для транспортировки которого возможно использование поверхностной циклическо-поточной технологии (ЦПТ). Порода подается на дробильную установку на борту карьера и далее по конвейеру направляется на отвалообразователь, что позволяет существенно снизить дальность транспортировки автотранспортом на начальном этапе работ.

Вскрытие глубинной части карьерного поля осуществляется полутраншеями внутреннего заложения. С развитием горных работ, увеличением глубины и понижением дна карьера (ниже замкнутого контура) дальность и высота транспортирования горной массы резко возрастают. Соответственно, увеличивается объем грузовой работы, возникает необходимость увеличения парка большегрузных автосамосвалов. Экономически эффективная область применения в карьере автомобильного транспорта ограничена следующими критериями: высотой подъема от места погрузки до границы карьера (в преде-

лах его контура) и дальностью транспортирования. Таким образом, наступает период, когда необходимые объемы транспортирования горной массы превышают границу экономически эффективного применения на открытых горных работах только одного вида транспорта – автомобильного. В этой связи возникает необходимость рассмотрения другой транспортной составляющей. В мировой и отечественной практике наибольшее распространение для отработки глубинной части рудных карьеров получила циклично-поточная технология, где используется автомобильно-конвейерный транспорт. Автомобильный транспорт выступает как сборочный, а конвейерный – как магистральный, выполняя основную грузовую работу по подъему горной массы и транспортированию до окончательного места разгрузки.

В рассматриваемых условиях конвейерная технология реализована с использованием:

- наклонных конвейерных стволов в торцах карьера для транспортирования породы в отвалы;
- наклонных конвейерных стволов в средней части карьера для транспортирования рудных потоков.

Конвейерные линии ЦПТ располагаются в наклонных стволах. Трассировка наклонных стволов выбрана таким образом, чтобы посредством коротких штолен иметь возможность выхода в карьер на различных высотных отметках, где устанавливаются полустационарные дробильные комплексы, и далее руда и порода транспортируются на фабрику и в отвалы. По мере опускания горных работ дробилки пошагово переносятся с верхних горизонтов на нижележащие.

Нагорный рельеф предопределяет устройство внешних нагорных отвалов. Формирования отвала осуществляется в три этапа. Вначале для обеспечения устойчивости отвалов автомобильно-бульдозерным комплексом формируются предотвалы и пионерная насыпь для отвалообразователя. При отработке нагорной части порода автотранспортом поставляется на дробильный комплекс на борту карьера и далее по магистральному конвейеру на отвалообразователь. При отработке глубинной части транспортировка породы в отвалы происходит автотранспортом до внутрикарьерных дробилок, далее по наклонным стволам на поверхностные конвейеры до консольных отвалообразователей. В отвалах предусмотрено размещение около 1 млрд т (1 км^3) породы.

Отработка карьера осложняется наличием подмерзлотных напорных вод. Рассматривались два основных способа водоотведения: системой водопонижающих скважин, буримых с поверхности, и кольцевыми дренажными выработками под дном карьера. Система подземных дренажных выработок оказалась предпочтительнее по следующим факторам:

- полный перехват притоков подземных вод, снижающих устойчивость бортов карьера и способствующих образованию наледей;
- упорядоченный сбор и отвод дренажных и атмосферных вод за пределы карьера в точку сброса:
- управляемый и опережающий горные работы выпуск воды из затопленных выработок подземного рудника.

Наличие в контуре карьера выработок подземного рудника потребовало разработки технологии безопасного ведения открытых горных работ, которая базируется на современном представлении о деформации массива под влиянием подземной выемки и обобщает опыт совмещенной отработки различных месторождений.

Задача обеспечения безопасности работ имеет комплексное решение и реализует различные подходы:

1. Поэтапное определение границ опасных зон по мере развития горных работ и накопления информации о подработанном массиве. При этом положение границы определяется с необходимой долей инженерного запаса, исключающего ведение любых видов горных работ в опасной зоне. Сначала определяется расчетное положение границы опасной зоны, которое предшествует бурению скважин опережающей эксплуатационной разведки по основной сетке. Затем смещение контура очистной подземной выработки уточняет-

ся по дополнительной сетке бурения опережающих разведочных скважин. На последнем этапе, при подходе горных работ к границе опасной зоны, отстроенной по результатам опережающей эксплуатационной разведки, производится бурение контрольных скважин, через которые осуществляется лазерное сканирование полости и, с учетом ее размеров, принимается решение о погашении полости или переносе границы опасной зоны на нижележащие уступы.

2. Непрерывный инструментальный мониторинг поверхности в контуре карьера в пределах зоны сдвижения, что дает возможность своевременно отслеживать подход массива к критическим деформациям.

3. Выбор параметров системы разработки, позволяющих минимизировать последствия сдвижения подработанного массива и оптимизировать шаг погашения пустот.

4. Выбор мобильного технологического оборудования, способного вести работы на сложном рельефе, который в случае необходимости можно быстро вывести из опасной зоны.

Таким образом, при проектировании повторной отработки мощного крутопадающего золоторудного месторождения открытым способом с осложняющими факторами в виде старых подземных выработках и напорных подмерзлотных вод можно использовать комплекс мероприятий, основным из которых является вскрытие глубинных горизонтов карьера наклонными конвейерными стволами. Предложенные мероприятия позволили добиться положительного экономического эффекта.