

Принятая в проекте постоянная интенсивность намыва 1 м может привести к нарушению устойчивой эксплуатации хвостохранилищ или аварийной ситуации – прорыву ограждающих дамб. Удельные годовые объемы хвостов для равнинных хвостохранилищ возрастают по мере эксплуатации и увеличения коэффициента заложения внешнего откоса M , а для нагорных остаются постоянными. Длина фронта намыва для рассматриваемого примера у равнинного хвостохранилища уменьшается, а нагорного типа возрастает. Поэтому при проектировании нагорных хвостохранилищ следует предусматривать ежегодное увеличение длины разводящих пульпопроводов. На основе математической модели технологии возведения намывных хвостохранилищ различных типов разработана программа, которая позволяет оперативно прогнозировать основные технологические параметры хвостохранилищ и корректировать проектные решения с учетом изменения ежегодных объемов складирования хвостов и технологии намыва, зависящая от количества и консистенции подаваемой пульпы, определяющих величину уклона надводного пляжа. Программный продукт может быть использован проектировщиками, эксплуатационниками и при подготовке инженеров-гидротехников.

Библиографический список

1. Юсфин Ю.С., Карабасов Ю.С., Карпов Ю.А. и др. Ресурсосбережение и экология в металлургии // Научные школы. МИСиС – 75 лет. М.: МИСиС, 1997. С. 272–283.
2. Антоненко Л.К., Зотеев В.Г., Морозов М.Г. Наземные хвостохранилища каскадного типа как реальные источники техногенных катастроф. Причины и следствия Качканарской аварии // Горный журнал. 2000. № 10. С. 49–52.
3. Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. 1989. № 12. С. 6–9.
4. Евдокимов П.Д., Сазонов Г.Т. Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик. М.: Недра, 1978. 439 с.

УДК 622.2

Н. А. Ивашов

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ ЗАПАСОВ ЗА ПРЕДЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ КАРЬЕРОВ

В результате освоения крутопадающих месторождений открытым способом остаются запасы, расположенные за предельным контуром, доработка которых наиболее экономична подземным способом. Анализ практики отработки запасов, расположенных за пределами контуров карьеров, показывает, что наибольшее число рудников, осуществляющих комбинированную отработку запасов, приходится на предприятия по разработке руд цветных металлов и алмазов – более 60%. При этом 60–65% рудников осуществляют отработку запасов, находящихся ниже отметки дна карьера, 15–18% – в бортах карьеров и около 25% – удаленных от карьера отдельно расположенных залежей или участков месторождений. Одним из наиболее важных вопросов при комбинированной разработке месторождений является вскрытие запасов за контуром карьера.

Открытый и подземный способы разработки запасов месторождений комбинированной технологией предполагает создание единой системы вскрытия и подготовки, увязанных во времени и пространстве. При этом предусматривается размещение основных вскрывающих выработок с уче-

том развития горных работ, что позволяет существенно снизить капитальные и эксплуатационные расходы предприятий. Карьерные транспортные системы и сам карьер должны рассматриваться как вскрывающие выработки. Вскрывающие подземные выработки могут быть использованы не только для освоения запасов подземных горизонтов, но и для вскрытия глубоких горизонтов карьера.

Отказ от двух самостоятельных систем вскрытия карьерных и внекарьерных запасов в пользу применения общего варианта с комплексной увязкой технологий открытых и подземных работ и единым планом горных работ по освоению запасов месторождений расширяет область эффективного применения комбинированной технологии и позволяет избежать негативных последствий переходного периода при рассмотрении их в раздельных проектах.

Однако в настоящее время не разработаны способы вскрытия за предельным контуром карьера для условий комбинированной отработки месторождений, увязывающие системы вскрытия на всех этапах освоения месторождения, не определены области эффективного при-

менения каждого из вариантов. Существенно упростило бы процесс выбора и проектирования способов вскрытия и подготовки дорабатываемых запасов формулирование основных методических положений по обоснованию проектируемых параметров систем вскрытия.

Для этого были разработаны 6 базовых способов вскрытия запасов за предельным контуром карьеров, учитывающие особенности расположения запасов относительно контура карьера (рис. 1–3), и проведена их оценка с использованием экономико-математических моделей. В качестве оценочного критерия принят чистый дисконтированный доход согласно методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования (М., 1994).

В процессе моделирования был рассмотрен достаточно широкий диапазон горно-геологических условий и технологических параметров месторождений и рудников по глубине, ценности руд, величине запасов, производительности, удаленности запасов от карьерного пространства, вариантам инвестирования.

Так, глубина карьера изменялась от 50 до 400 м, производственные мощности предприятия – от 0,25 до 2 млн т/год, глубина простираения запасов дна карьера – до 400 м, удаленность изолированных залежей от контура карьера – до 3 км, содержание полезных компонентов – от 3 до 7% условной меди. Срок строительства рудника находился в зависимости от производственной мощности рудника, а объемы погашаемых запасов – по сроку существования рудника и производительности.

Была проведена оценка и сравнение способов вскрытия для следующих горнотехнических и горно-геологических условий. Так, для запасов в бортах карьеров сравнивались показатели по вариантам вскрытия из карьерного пространства штольными (модель 1) и наклонными стволами (модель 2), с помощью наклонных стволов с поверхности, оборудованных автомобильным подъемом (модель 4), вертикальных – с клетьевым (модель 5) и скиповым подъемами (модель 3), использования карьера для строительства подземных горизонтов (модель 6).

Результаты расчетов сравнительного дисконтированного эффекта для различных значений влияющих факторов приведены в виде графических зависимостей дисконтированного эффекта от глубины карьера, глубины расположения

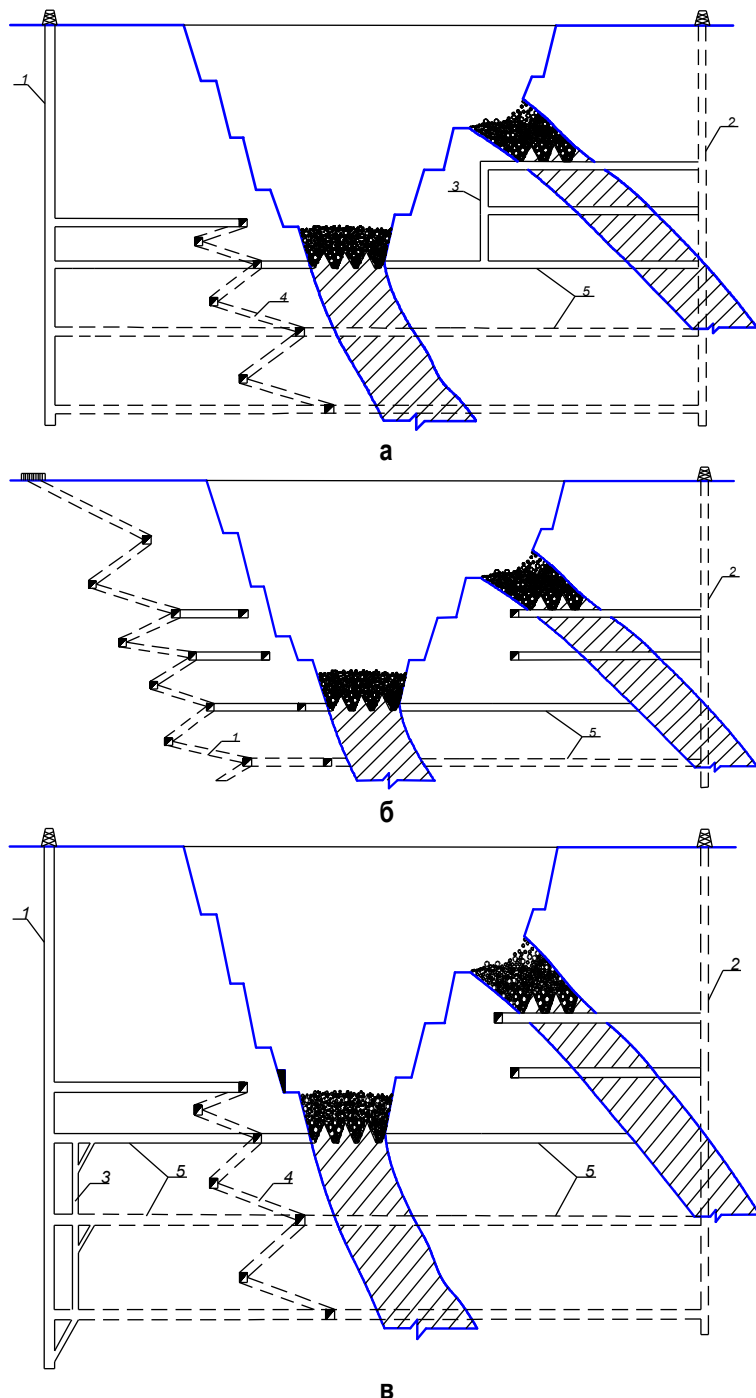


Рис. 1. Варианты вскрытия запасов за пределами контуров карьера с поверхности рудовыдачными стволами: а – клетьевым; б – автомобильным; в – скиповым; 1 – рудовыдачной ствол; 2 – вентиляционный; 3 – рудоспуск; 4 – автомобильный уклон; 5 – квершлаг

запасов и удаленности от борта карьера для приведенного содержания полезного компонента 3 и 5% и производительности рудника от 0,5 до 2 млн т руды в год на **рис. 4, 5**.

Анализ полученных результатов и сравнения вариантов вскрытия позволяет сделать следующие выводы.

При расположении запасов в бортах карьера глубиной до 500 м каждый из рассмотренных вариантов вскрытия – вскрытие из карьера штольнями, автомобильными наклонными стволами с поверхности, вертикальными клетьевыми и скиповыми стволами – имеют свою рациональную область применения. Так, автотранспортные уклоны с поверхности эффективны, по сравнению с остальными вышеречисленными вариантами вскрытия, только при небольшой глубине расположения запасов от поверхности (200–250 м) и производительности рудника до 0,5 млн т/год (см. **рис. 1–3**). С увеличением глубины работ (>300 м) эффективность вариантов вскрытия автоуклонами снижается, он становится неконкурентным вариантом вскрытия из карьера даже при значительном удалении залежи от борта (до 3 км). Кроме глубины работ существенно отражается на области применения автомобильных уклонов производственная мощность горного предприятия. Как видно из **рис. 1–3**, с ростом объемов добычи в год автоуклоны теряют свои преимущества и уступают вариантам вскрытия штольнями, вертикальными клетьевыми и скиповыми стволами.

Результаты расчетов показывают, что наибольшей эффективностью обладают варианты вскрытия из карьерного пространства с помощью штолен, съездов. Конкурентоспособными варианты вскрытия из карьера, по сравнению с традиционными, становятся только при определенной удаленности залежи от контура карьера и глубине горных работ (см. **рис. 1–3**). В случае прилегания запасов к бортам карьера и удалении от борта до 1–2 км вскрытие из карьера штольнями является более предпочтительным по сравнению с традиционными вариантами с помощью стволов с поверхности, и чем ближе запасы к контуру карьера, тем эффективнее использование карьера в качестве вскрывающей выработки.

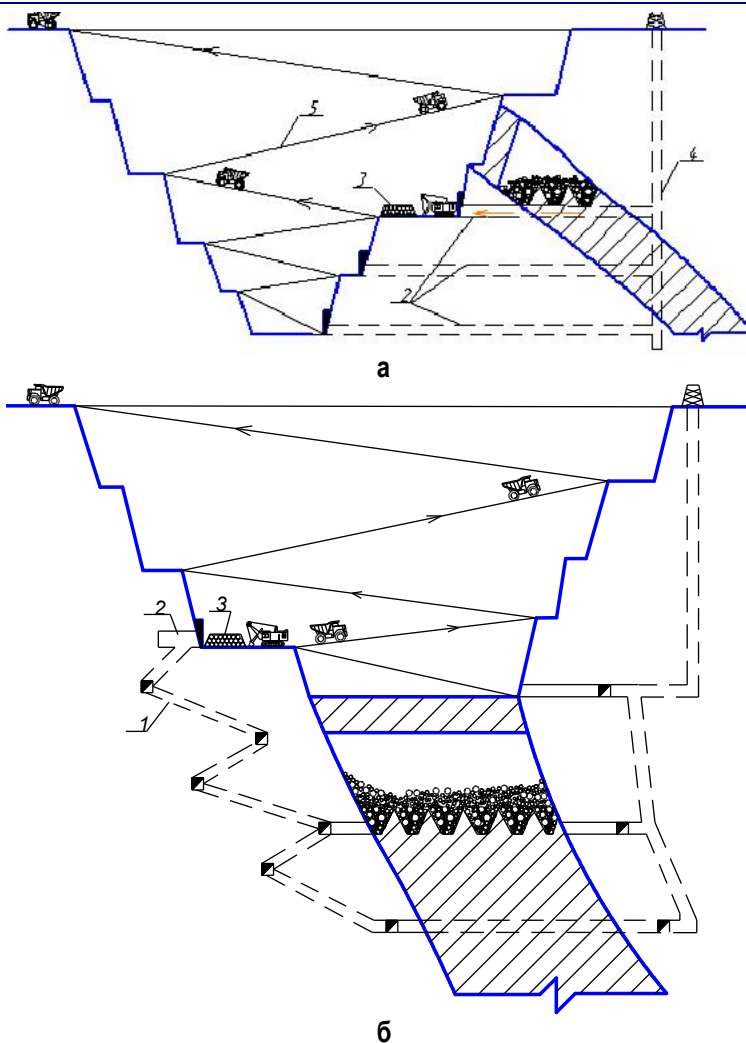


Рис. 2. Варианты вскрытия приконтурных запасов из карьерного пространства:

а – штольнями; б – наклонными стволами; 1 – наклонный ствол; 2 – штольня; 3 – склад рудной массы; 4 – вентиляционный ствол; 5 – карьерный съезд

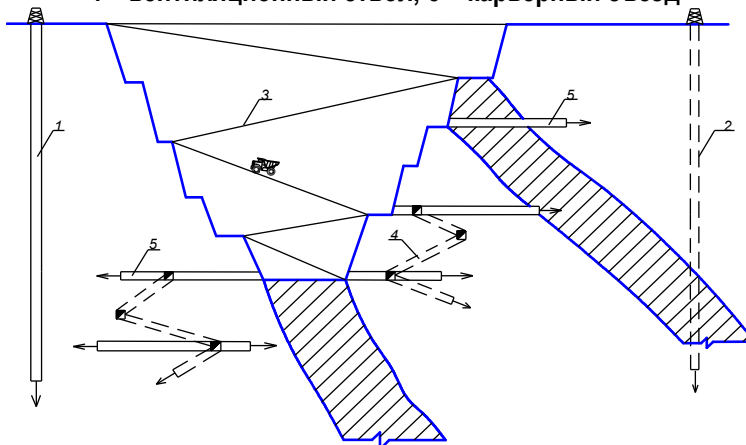


Рис. 3. Схема проведения горно-капитальных выработок для вскрытия приконтурных запасов с использованием карьерного пространства:

1 – рудовыдачный ствол; 2 – вентиляционный ствол; 3 – карьерный съезд; 4 – наклонный ствол; 5 – квершлаг

Содержание полезного компонента в добываемых рудах (ценность) сказывается на величине эффекта, но не отражается на приоритете того или иного варианта. С увеличением извлекаемой ценности преимущества предпочтительного варианта вскрытия и недостатки неэкономичного усиливаются.

Глубина расположения прибортовых запасов от земной поверхности отрицательно сказывается на величине дисконтированного интегрального эффекта по всем сравниваемым вариантам. Особенно значимо это влияние проявляется в вариантах вскрытия автоуклонами с поверхности, в меньшей степени – при использовании клетьевых и скиповых стволов на больших глубинах и практически не отражается при вскрытии штольнями из карьера.

В случае расположения запасов ниже уровня дна карьера экономическая оценка производилась для следующих вариантов вскрытия: автоуклонами с поверхности (модель 4), скиповыми стволами (модель 3), клетьевыми стволами (модель 5). Результаты расчетов интегрального эффекта представлены на рис. 4, 5. По полученным данным можно сформулировать следующие выводы и рекомендации.

Использование автоуклонов, проводимых с поверхности, экономично только при неглубоком расположении придонных запасов (до 200 м). При больших глубинах этот вариант экономически нецелесообразен.

Эффективность вариантов вскрытия придонных запасов с помощью автоуклонов, проводимых из карьера, зависит от глубины карьера, глубины расположения откаточного горизонта от дна карьера и объемов рудной массы, добываемых в год. С ростом глубины карьера, то есть глубины заложения устья рудовыдачного наклонного съезда, наблюдается небольшое (5% на 80 м) снижение дисконтированного эффекта, определяемое увеличением дальности транспортирования рудной массы карьерными самосвалами.

Увеличение глубины расположения откаточного горизонта сопровождается существенным снижением дисконтированного эффекта. Характер уменьшения ЧДД с глубиной аналогичен динамике

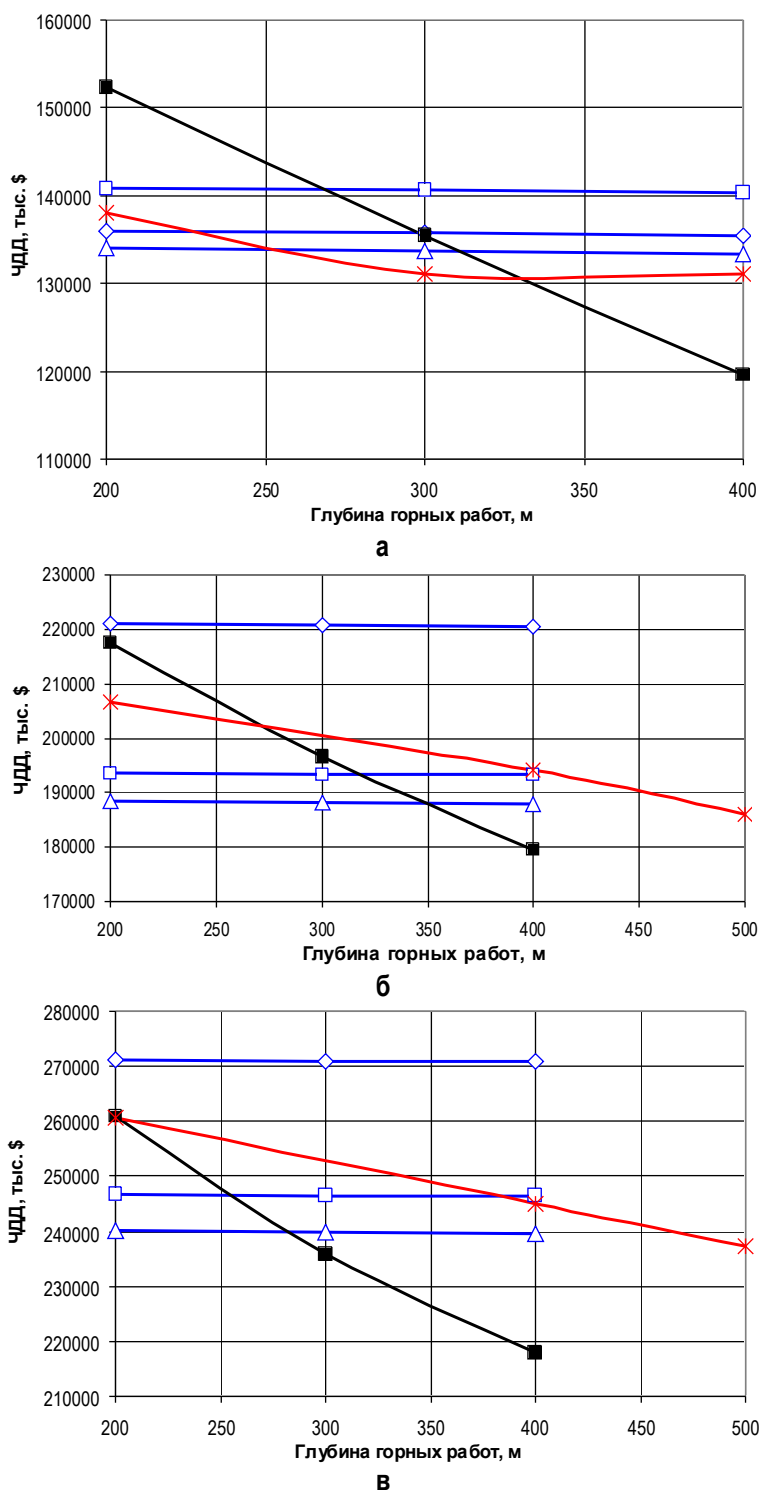


Рис. 4. Графики зависимости ЧДД от глубины разработки для приведенного содержания полезного компонента 3% и вариантов вскрытия штольней, наклонным съездом с поверхности и вертикальным стволом:

а – производительность рудника 500 тыс.т/год;
 б – 1000 тыс.т/год; в – 2000 тыс.т/год; —◇— штольня 1000 м;
 —□— штольня 2500 м; —△— штольня 3000 м;
 —■— наклонный съезд с поверхности; —*— скиповой ствол

изменения интегрального эффекта для автоуклонов, проводимых с поверхности, поскольку графики зависимостей $E=f(H)$ параллельны (см. рис. 4 и 5).

Производительность откаточного горизонта отражается на величине дисконтированного ЧДД и не изменяет характер зависимости его от глубины расположения вскрываемого горизонта (см. рис. 5).

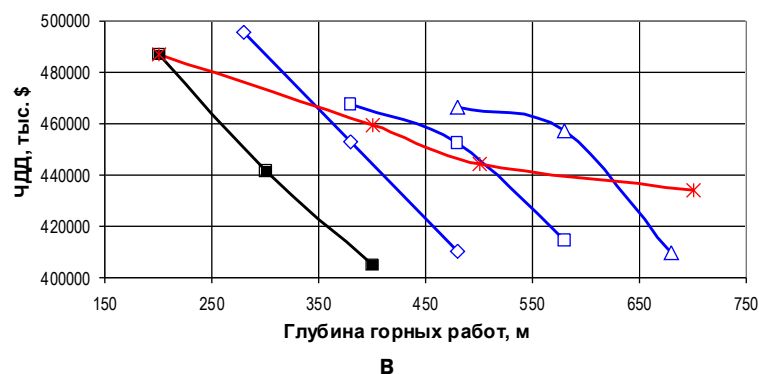
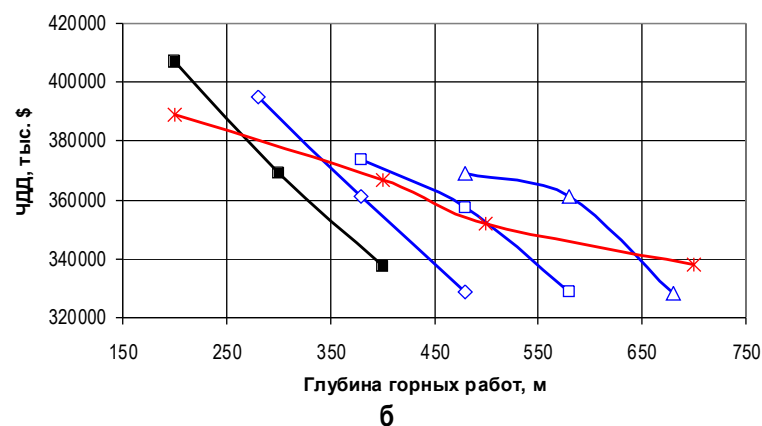
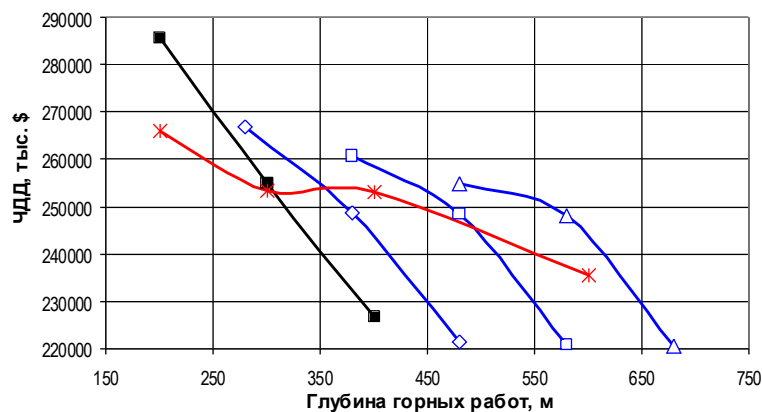


Рис. 5. График зависимости ЧДД от глубины разработки для приведенного содержания полезного компонента 5% и вариантов вскрытия наклонным съездом с поверхности, наклонным съездом из карьера и вертикальным стволом: а – производительность рудника 500 тыс.т/год; б – 1000 тыс.т/год; в – 2000 тыс.т/год; \diamond – наклонник из карьера 200 м; \square – наклонник из карьера 300 м; \triangle – наклонник из карьера 400 м; \blacksquare – наклонный съезд с поверхности; \times – скиповой ствол

Расчеты показывают, что при глубинах расположения вскрываемых в дне карьера запасов более 200 м наиболее экономичными являются традиционные способы вскрытия с помощью вертикальных клетьевых и скиповых стволов, проводимых с поверхности, причем с ростом глубины карьера и расположения откаточных горизонтов преимущество этих способов, по сравнению с вариантами вскрытия из карьера, увеличивается. Аналогичное влияние оказывает производительность рудника. Как видно из рис. 1–5, разница в объемах ЧДД с ростом глубины и производительности, по сравнению с вариантом вскрытия из карьера, увеличилась.

В том случае, когда использование карьера в качестве главной вскрываемой выработки экономически нецелесообразно, возможно использовать пространство карьера для целей строительства горизонтов подземного рудника, что позволяет сократить сроки строительства рудника за счет совмещения работ по сооружению стволов и подготовке горизонтов к добычным работам, обычно выполняемых последовательно при традиционных способах строительства подземных рудников.

Экономическая целесообразность использования карьера на стадии строительства подземного рудника обеспечивается в том случае, если дополнительные затраты по проведению выработок из карьерного пространства меньше экономии, получаемой за счет сокращения затрат по выдаче пустых пород в карьер, снижения платежей по кредитам, получения прибыли за счет ускоренного ввода рудника в эксплуатацию или начала очистных работ до ввода основной системы вскрытия.

Проведенные расчеты показывают, что использование карьерного пространства сокращает срок строительства рудника на 1–2 года и позволяет получить дополнительный доход по сравнению с традиционными способами строительства рудника в объеме 7–9%.