

РАЗРАБОТКА И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.272.06/271.06

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ТАРЫННАХСКОГО И ГОРКИТСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г., Никитин И.В., Барановский К.В.

Института горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. На основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий определена эффективность подземной разработки запасов Тарыннахского и Горкитского месторождений, остающихся вне контуров карьеров. Экономико-математическим моделированием установлено, что наибольшая эффективность обеспечивается стратегией, основанной на параллельном строительстве шахт и одновременном вводе в эксплуатацию обоих шахтных полей как на Тарыннахском, так и на Горкитском рудниках. В свою очередь, достаточно высокая рентабельность подземной добычи руды обеспечивается применением прогрессивной малозатратной ресурсосберегающей технологией с массовым обрушением руды и комплексов высокопроизводительного самоходного оборудования на всех процессах добычи руды. Разработаны схемы вскрытия и технология добычи. Определены оптимальные показатели извлечения руды. Рассчитаны технико-экономические показатели по рудникам.

Ключевые слова: схема вскрытия, система подземной разработки, этажное обрушение, ресурсосберегающая технология, экономико-математическое моделирование, потери и засорение руды, технико-экономические показатели.

Введение

Успешное комплексное освоение Тарыннахского и Горкитского железорудных месторождений комбинированным способом в мало освоенном районе и суровых климатических условиях Якутии определяется в значительной степени эффективностью отработки запасов, оставшихся вне контуров карьеров и предназначенных для подземной разработки (далее – подземные запасы). Особенно важным является правильный выбор геотехнологической стратегии их освоения, формирующейся на основе рационального сочетания способа и схем вскрытия, технологии добычи руды, комплексов геотехники, которые определяют уровень капитальных и эксплуатационных затрат [1].

Материалы и методы исследования

Рассматриваемые месторождения, расположенные на юге Республики Саха (Якутия), простираются с севера на юг соответственно на 22 и 19,5 км. Горно-геологические условия подземной отработки запасов достаточно благоприятные.

Мощные рудные тела (10–60 м) крутого падения (75–90°) расположены в пределах мощной рудной зоны (до 450 м) и распространяются на глубину до 1000 м. Руды и породы устойчивы. Средняя объемная масса руд – 3,3–3,45 т/м³, вмещающих пород – 2,65 т/м³. Коэффициент крепости руд по М.М. Протодяконову $f=7-20$, вмещающих пород $f=6-15$. Горнотехнические условия осложняются расчлененным рельефом, высокой сейсмичностью района. Гидрогеологические условия Тарыннахского месторождения относительно простые – обводнение будет происходить за счет подземных вод и атмосферных осадков, Горкитского – более сложные, для перехвата вод необходимо применение водопонижающих скважин законтурного дренажа.

При изыскании подземной геотехнологии руководствовались следующими исходными положениями:

– комбинированная разработка обоих месторождений осуществляется по последовательной схеме – открытые горные работы (ОГР) ведутся несколькими (5–7) карьерами до глубины 220–400 м с последующим переходом на подземные (ПГР);

– балансовые запасы Тарыннахского месторождения, подлежащие подземной разработке, составляют 1550 млн т, Горкитского – 1335 млн т, значительный объем этих запасов (около 30%) расположен выше предельной глубины карьеров;

– в связи с большой протяженностью и значительными запасами месторождений целесообразно каждое из них разделить в плане на два шахтных поля, обрабатываемых отдельными шахтами, и по высоте – на три яруса, состоящих из нескольких эксплуатационных этажей и концентрационного горизонта [2];

– годовая производственная мощность каждой шахты, установленная по горным возможностям, при отработке первого яруса составляет 6 млн т в год, суммарная годовая производительность Тарыннахского и Горкитского рудников – 24 млн т руды. Вследствие увеличения эксплуатационных рудных площадей во втором ярусе мощность шахт может быть увеличена до 8 млн т руды в год.

Способ и схема вскрытия Тарыннахского месторождения вертикальными стволами, расположенными в лежащем боку месторождения за зоной сдвижения, штольнями и вспомогательными наклонными съездами из карьера определены исходя из большой величины, глубины и протяженности подземных запасов и их пространственного расположения относительно карьеров (рис. 1, а). Шахтные поля длиной 11000 м делятся на два крыла длиной по 5500 м. По вертикали месторождение разбивается на ярусы высотой 300 м. В свою очередь, ярус делится на 3 этажа высотой 100 м.

Каждое шахтное поле вскрывается центральной группой стволов (Главным скиповым и Вспомогательным), фланговыми и центральным (общим для обеих шахт рудника) Вентиляционными

стволами. Для ускорения строительства, спуска в шахту самоходного оборудования (СО), выдачи части загрязненного воздуха предусматривается проходка наклонных съездов под углом 7–12°.

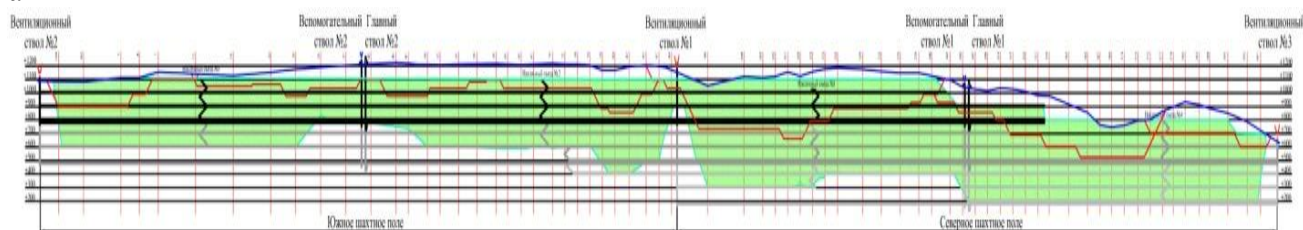
Вскрытие отдельных участков, расположенных выше дна карьера, осуществляется штольнями. Предусмотрен нагнетательный способ проветривания рудника по фланговой схеме с подачей воздуха по Вентиляционным стволам и выдачей по Вспомогательным.

Горно-капитальные работы (ГКР) в ярусе включают строительство концентрационного (откаточного) и эксплуатационных (доставочных) горизонтов. Концентрационные горизонты строятся через 300 м по вертикали – один на 3 эксплуатационных этажа. На горизонте оборудуется дробильно-дозаторный комплекс (ДДК) для подземного дробления руды и погрузки ее в скипы, водоотливный комплекс, подземный склад ВМ и другие служебные камеры, проходятся квершлагги, откаточные штреки висячего и лежачего боков и соединяющие их откаточные орты. Ближайший к концентрационному эксплуатационный горизонт располагается на 15 м выше, остальные – через 100 м по высоте.

ГКР на эксплуатационных горизонтах включают проходку квершлаггов, полевых доставочных штреков висячего и лежачего боков, доставочных ортов через 160 м. Между эксплуатационными и концентрационным горизонтами проходятся рудоспуски, вентиляционные восстающие и лифтовые подъемники.

Горкитское месторождение разделяется на два шахтных поля длиной по 9000 м, каждое из которых также делится на два крыла. Схема вскрытия и подготовки месторождения в целом такая же, что и Тарыннахского (рис. 1, б).

а



б

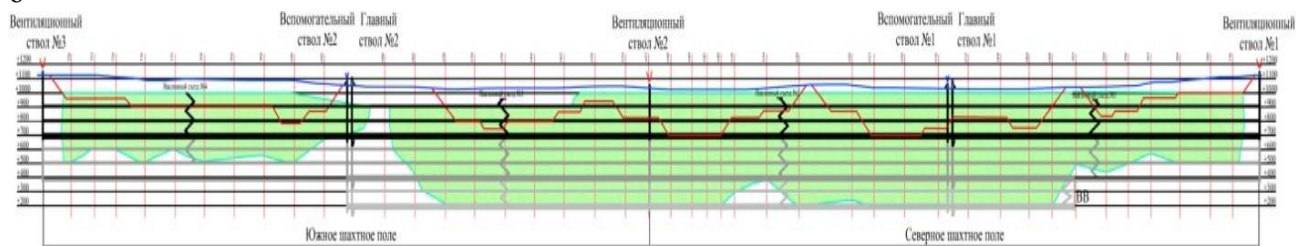


Рис. 1. Схема вскрытия Тарыннахского (а) и Горкитского (б) месторождений

Порядок разработки подземных запасов Тарыннахского и Горкитского месторождений – последовательный нисходящий тремя ярусами. Этажи в ярусах также отрабатываются сверху вниз.

В связи с большим сроком освоения месторождений (более 160 лет) проработка технологических схем и расчеты технико-экономических показателей (ТЭП) выполнены для первого яруса. Объем ГКР первого яруса Тарыннахского рудника составляет 4906 тыс. м³, длина горно-капитальных выработок – 365600 м. Объем ГКР Горкитского рудника 3087 тыс. м³, длина выработок 211000 м.

Исходя из годовой производительности шахт, характеристик руды и средней длины откатки 4,5 км, принят электровозный транспорт локомотив-составами (электровоз К14 и 10-ти вагонеток ВГ-10). Схема откатки кольцевая. Погрузка руды в вагонетки из панельных рудоспусков осуществляется виброустановками типа ВДПУ-4ТМ, разгрузка – на околоствольном дворе в круговом опрокидывателе. После ДДК руда выдается в скипах на поверхность.

В рассмотренных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки Тарыннахского и Горкитского месторождений, учитывая их значительные запасы, невысокую ценность руды, большую мощность залежей, крутой угол падения, оптимальным является применение систем с массовым обрушением руды [3–5].

Как показывает опыт применения систем разработки с обрушением, наиболее распространенными являются варианты с отбойкой руды на компенсационные камеры, позволяющие обеспечить необходимое разрыхление руды при отбойке и за счет этого упростить режим выпуска. В результате выбора принят вариант с отбойкой руды параллельно-сближенными глубокими скважинами на узкую компенсационную камеру (камера-щель) и зажатую среду [6, 7], и площадным выпуском руды самоходными ПДМ. Конструкция и параметры принятого варианта системы разработки этажного принудительного обрушения показаны на **рис. 2**.

Шахтное поле в этаже разбивается на панели длиной по простиранию 160 м и высотой 100 м. Панели отрабатываются от флангов к центру шахтного поля. В пределах панели рудное тело делится на четыре добычных блока шириной 40 м и длиной, равной мощности рудного тела. Добычные блоки вынимаются сплошным порядком по простиранию рудного тела. Подготовка блока к очистной выемке включает проведение доставочных ортов на границе смежных блоков; траншейных ортов по оси блока, расположенных на уровне кровли погрузочных заездов, пройденных через 20 м из доставочных ортов с двух сторон к траншейному штреку.

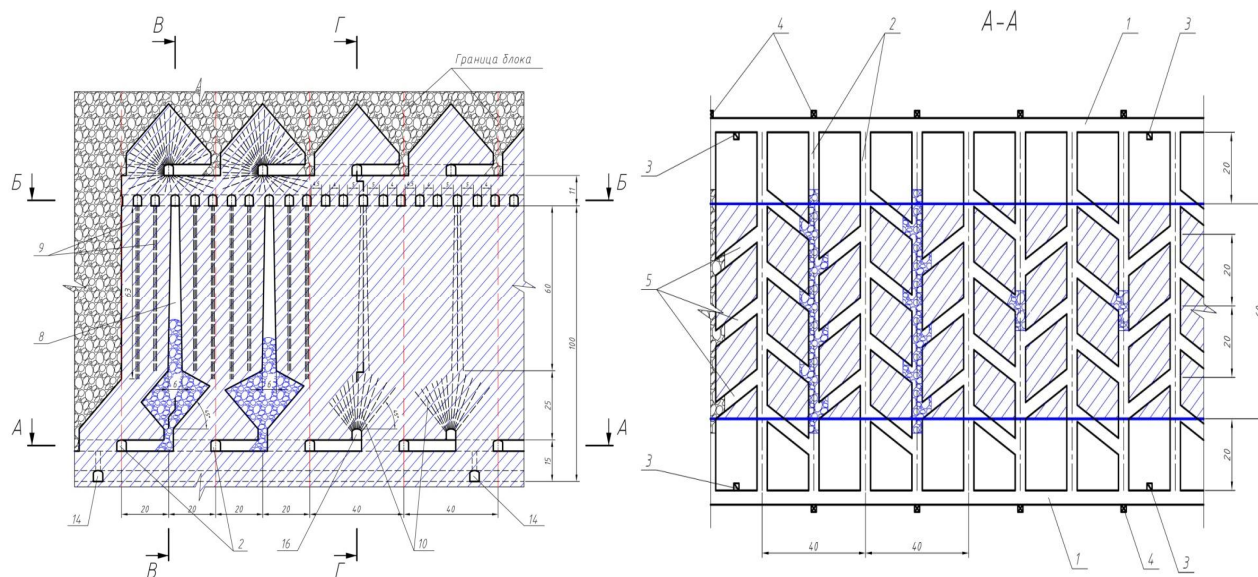


Рис. 2. Система этажного принудительного обрушения для отработки основных запасов:

- 1 – панельный доставочный штрек; 2 – блоковый доставочный орт; 3 – блоковый рудоспуск;
- 4 – вентиляционный восстающий; 5 – погрузочный заезд; 6 – буровой орт; 7 – отрезной восстающий;
- 8 – камера компенсации; 9 – пучки скважин; 10 – веер скважин; 11 – буровой штрек; 12 – откаточный штрек лежачего бока; 13 – откаточный штрек висячего бока; 14 – откаточный орт; 15 – заезд; 16 – траншея

На подэтажном (буровом) горизонте в лежачем и висячем боку проходятся подэтажные штреки, буровые штреки (на контакте рудного тела), буровые орты, отрезные орты и восстающий. Проходка горизонтальных и наклонных выработок осуществляется комплексами, состоящими из буровых кареток типа *Sandvik DD 320-40* и ПДМ *Sandvik LH 307* грузоподъемностью 6,7 т, проходка восстающих – комплексом типа *Robbins 73RHC* или *Rhino 1000*.

Отработка блока производится в две стадии: на первой стадии осуществляется оформление траншейной подсечки блока высотой 25 м и последующего образования над ней по оси блока камеры-щели шириной 5–6 м; на второй стадии – массовая отбойка и выемка основных запасов блока высотой 60 м и запасов потолочины.

Отбойка руды на подсечке осуществляется веерами скважин диаметром 89 мм из траншейного штрека. Руда в компенсационной камере-щели отбивается нисходящими рядами скважин диаметром 102 мм. Потолочина блока, включающая в себя и днище вышележащего блока, обрушивается веерами скважин диаметром 102 мм из доставочных выработок верхнего этажа.

Основные запасы блока разбуриваются нисходящими пучками параллельно-сближенных скважин диаметром 115 мм. Массовый взрыв основных запасов блока и потолочины производится после выемки запасов камеры-щели и подсечки. Массовый взрыв следующего блока должен производиться после выпуска не менее 25% запасов предыдущего блока. Для бурения скважин диаметром 89 и 102 мм предусматривается буровая установка *Sandvik DL420-10* с гидроперфоратором, параллельно-сближенных скважин диаметром 115 мм и глубиной 65 м – буровой станок *Sandvik Aries* с погружным пневмударником. Во всех случаях зарядание скважин производится гранулированными или эмульгированными ВВ с использованием зарядной установки *Charmec-6605*.

Выпуск отбитой руды из блока осуществляется под обрушенными породами из траншейного днища с двусторонним расположением погрузочных заездов на доставочном горизонте. Для плавного опускания границы обрушенных налегающих пород площадной выпуск осуществляется равномерно-последовательно. Выпуск и доставка руды из забоя до 4-х блоковых рудоспусков производится ПДМ типа *Sandvik LH 514E* с электроприводом грузоподъемностью 14 т. При средней длине доставки 140 м производительность блока обеспечива-

ет одновременная работа 4-х ПДМ.

Разработанный вариант технологии имеет следующие преимущества:

- основные выработки располагаются вкрест простирания рудного тела, что повышает устойчивость выработок и безопасность ведения очистных работ;

- конструкция днища блока обеспечивает устойчивость выработок выпуска на весь период его существования и высокопроизводительную работу мощных ПДМ;

- минимальные размеры камер компенсации позволяют уменьшить потенциальную опасность их обрушения, что достаточно актуально при высокой сейсмической активности района месторождений;

- удельный объем ПНР в блоке в 1,5–2 раза меньше, чем на действующих подземных рудниках;

- непрерывный выпуск больших объемов руды и независимое ведение буровзрывных работ и работ по выпуску и доставке создают благоприятные условия для высокой интенсивности добычи руды и эффективного использования самоходного оборудования;

- отбойка руды пучками скважин позволяет отказаться от проведения промежуточного бурового горизонта и упростить схему подготовки добычных блоков;

- применение ПДМ с электроприводом позволяет улучшить санитарные условия и уменьшить количество необходимого воздуха для проветривания горизонта выпуска.

Крутой угол падения рудных тел и большая высота этажа обеспечивают благоприятные условия для выпуска руды. Для определения оптимальной величины потерь и засорения руды использован критерий полученной прибыли на 1 т погашенных балансовых запасов [8, 9]. Результаты расчета приведены на **рис. 3**. Оптимальная величина потерь и засорения на шахтах Тарынахского ГОКа равна 10 и 15% соответственно.

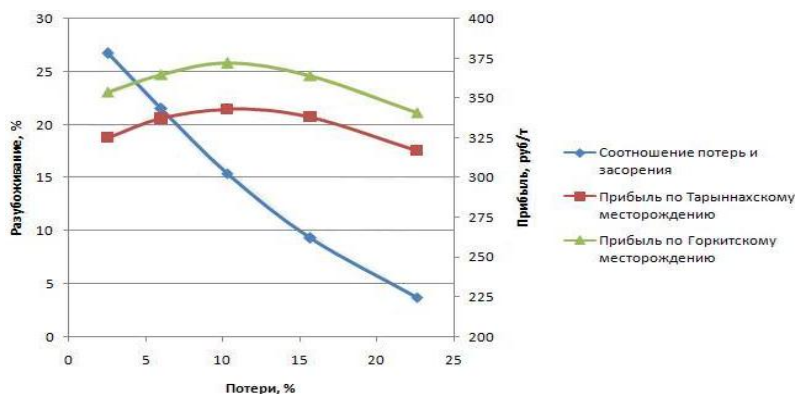


Рис. 3. Зависимость прибыли от возможного соотношения потерь и засорения

Оценка варианта системы разработки, выполненная на основе экономико-математического моделирования, показала, что технико-экономические показатели (ТЭП) соответствуют лучшим мировым аналогам (табл. 1).

Таблица 1

ТЭП варианта системы разработки этажного принудительного обрушения

№	Показатель	Ед. изм.	Значение
1	Балансовые запасы добычного блока	тыс. т	816
2	Потери	%	10
3	Разубоживание	%	15
4	Эксплуатационные запасы блока	тыс. т	864
5	Удельный объем ПНР на 1000 т руды	м ³	1,4/16,3
6	Производительность блока	тыс. т/мес.	56,2
7	Производительность труда на процессах:		
7.1	– проходка	м ³ / чел.-см.	6,0
7.2	– отбойка,	т/чел.-см.	570
7.3	– выпуск и доставка,	т/чел.-см.	737
7.4	– на очистной выемке,	т/чел.-см.	332
8	Производительность труда забойного рабочего по системе разработки	т/ чел.-см.	143

Эффективность разработки подземных запасов Тарыннахского и Горкитского месторождений оценивается по критерию чистого дисконтированного дохода (ЧДД) как разница между доходом от реализации продукции – железного концентрата и суммой капитальных и эксплуатационных затрат на добычу и обогащение руды за срок 50 лет при норме дисконта 10% [10]. В связи с ориентировочным характером оценки капитальные затраты определялись, как затраты на ГКР, умноженные на коэффициент 1,5 (табл. 2).

Таблица 2

Капитальные затраты на строительство рудников Тарыннахского ГОКа

№	Наименование выработок	Объем ГКР, тыс. м ³	Удельные затраты, тыс. руб./м ³	Капзатраты на ГКР, млн руб.	k	Суммарные капзатраты, млн руб.
<i>Тарыннахский рудник</i>						
1	Вертикальные стволы	144,11	30,0	4323,3		
2	Наклонные съезды	176,12	7,0	1232,8		
3	Горизонтальные	4021,28	6,0	24127,7		
4	Камерные выработки	216,64	7,0	1516,5		
	Всего, млн руб.			31200,3	1,5	46800,5
<i>Горкитский рудник</i>						
1	Вертикальные стволы	213,43	30,0	6403,0		
2	Наклонные съезды	97,36	7,0	681,5		
3	Горизонтальные	3806,6	6,0	22839,2		
4	Камерные	230,66	7,0	1614,6		
	Всего, млн руб.			31538,3	1,5	47307,5

В процессе экономико-математического моделирования (ЭММ) рассмотрены два варианта освоения подземных запасов Тарыннахского и Горкитского месторождений, характеризующиеся разновременностью капитальных затрат: ва-

риант 1 – последовательное строительство шахт и ввод в эксплуатацию шахтных полей и вариант 2 – параллельное строительство шахт и ввод в эксплуатацию шахтных полей. Исходные данные и расчетные ТЭП приведены в табл. 3, график изменения ЧДД – на рис. 4.

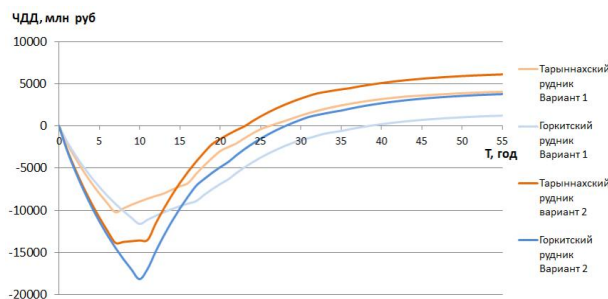


Рис.4. ЧДД при освоении Тарыннахского и Горкитского месторождений

Таблица 3

ТЭП отработки подземных запасов рудников Тарыннахского ГОКа

№	Показатели	Ед. изм.	Тарыннахский рудник	Горкитский рудник
1	Балансовые запасы для подземной добычи	млн т	1550	1335
2	Содержание Fe _{общ} в балансовых запасах	%	28,62	29,31
3	Балансовые запасы первого яруса	млн т	488	435
4	Потери	%	10	10
5	Засорение	%	15	15
6	Эксплуатационные запасы первого яруса	млн т	515	461
7	Производственная мощность рудника	млн т/год	12	12
8	Срок ввода рудника в эксплуатацию, вариант 1 / вариант 2	лет	8/8	11/11
9	Срок достижения производственной мощности рудника, вариант 1 / вариант 2	лет	18/14	18/13
10	Срок отработки запасов первого яруса, вариант 1 / вариант 2	лет	66/61	61/55
<i>Технологические показатели обогащения</i>				
11	Объем переработанной руды по руднику	тыс. т/год	12000	12000
12	Содержание Fe _{общ} в добытой руде	%	26,28	26,86
13	Выход концентрата из 1 т руды	%	26,21	28,34
14	Количество концентрата	тыс. т/год	3145	3401
15	Содержание Fe _{общ} в концентрате	%	69,3	67
16	Извлечение железа в концентрат	%	69,1	70,7
<i>Экономические показатели</i>				
17	Цена концентрата	руб./т	4276	4134
18	Доход от реализации продукции	млн руб.	578722	540096
19	Суммарные капитальные вложения	млн руб.	46800,5	47307,5
20	Эксплуатационные затраты добычи 1 т руды (без амортизации)	руб./т	403	411
21	Эксплуатационные затраты обогащения 1 т руды (без амортизации)	руб./т	132	133
22	Суммарные эксплуатационные затраты	млн руб.	275525	250784
23	Чистый дисконтированный доход	млн руб.	4238/6240	1354/3767
24	Срок окупаемости капитальных вложений	лет	26/23	38/28
25	Индекс доходности	коэф-т	1,25/1,32	1,08/1,18

Выводы

Анализ результатов ЭММ показал, что наибольшая эффективность подземной разработки обеспечивается стратегией, основанной на параллельном строительстве шахт и одновременном вводе в эксплуатацию обоих шахтных полей как на Тарыннахском, так и на Горкитском рудниках, позволяющей в наиболее короткие сроки обеспечить достижение их максимальной производственной мощности. В свою очередь, применение прогрессивной малозатратной ресурсосберегающей технологии с массовым обрушением руды и комплексов высокопроизводительного самоходного оборудования на всех процессах добычи руды обеспечивает достаточно высокую рентабельность подземной добычи руды.

Учитывая, что в период ведения ОГР будет создана производственная и социальная инфраструктура Тарыннахского ГОКа, можно утверждать, что подземная разработка запасов Тарыннахского и Горкитского месторождений является перспективной и обеспечивает достаточно надежную сырьевую базу развития как отечественной металлургической промышленности, так и экспорт железорудного сырья более чем на 100 лет. При этом переход на подземную добычу руды не приведет к заметному снижению производственной мощности Тарыннахского ГОКа. Таким образом, можно сделать вывод, что подземная разработка запасов Тарыннахского и Горкитского месторождений при современном уровне цен является рентабельной.

Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН № 3 «Фундаментальные проблемы

и перспективы использования потенциала комплексного освоения недр на основе развития ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих технологий» (12-Т-5-1021).

Список литературы

1. Яковлев В.Л., Волков Ю.В., Славиковский О.В. О стратегии освоения меднорудных месторождений Урала // Горный журнал. 2003. № 9. С. 3–7.
2. Волков Ю.В., Камаев В.Д. Ярусная отработка рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. №8. С. 341–343.
3. Отработка подкарьерных запасов трубки «Удачная» в сложных климатических, горно- и гидрогеологических условиях / Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г., Кульминский А.С. // Горный журнал. 2011. №1. С.63–66.
4. Обоснование подземной геотехнологии при комбинированной разработке Сарбайского железорудного месторождения / Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г., Никитин И.В., Широков М.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 58–65.
5. Перспективы технического перевооружения подземных рудников Западно-Сибирского металлургического комплекса / Фрейдин А.М., Филиппов П.А., Гайдин С.П., Кореньков Э.Н., Неверов С.А. // ФТПРПИ. 2004. № 3. С. 71–80.
6. Еременко А.А., Еременко В.А., Гайдин А.П. Совершенствование геотехнологии освоения железорудных удароопасных месторождений в условиях действия природных и техногенных факторов. Новосибирск: Наука, 2008. 312 с.
7. Зубков А.В. Геомеханика и геотехнология. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 335 с.
8. Типовые методические указания по нормированию потерь твердых полезных ископаемых при добыче: сб. руководящих материалов по охране недр / Госгортехнадзор СССР. М.: Недра, 1973. 154 с.
9. Типовые методические указания по оценке экономических последствий потерь полезных ископаемых при разработке месторождений: сб. руководящих материалов по охране недр. М.: Недра, 1973. 47 с.
10. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика, 2000. 424 с.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

EFFICIENCY OF UNDERGROUND MINING OF THE TARINNAKHSKY AND THE GORKITSKY IRON ORE DEPOSITS

Sokolov Igor Vladimirovich – D.Sc. (Eng.), Head of the Laboratory of Underground Geotechnology, the Institute of Mining, UB RAS, Ekaterinburg, Russia. Phone: +7(343)350 71 28. E-mail: geotech@igduran.ru

Smirnov Alexey Alexeevich – Ph.D. (Eng.), Senior Research Worker of the Laboratory of Underground Geotechnology, the Institute of Mining, UB RAS, Ekaterinburg, Russia.

Antipin Yuriy Georgievich – Ph.D. (Eng.), Senior Research Worker of the Laboratory of Underground Geotechnology, the Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg, Russia.

Nikitin Igor Vladimirovich – Research Worker of the Laboratory of Underground Geotechnology, the Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg, Russia. E-mail: geotech910@yandex.ru

Baranovsky Kirill Vasilievich – Research Worker of the Laboratory of Underground Geotechnology, the Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg, Russia. E-mail: kartingist@list.ru

Abstract. The efficiency of underground mining of the reserves of the Tarinnakhsky and the Gorkitsky deposits being left out of an open pit contour is defined in terms of the analysis of mining-geological and mine technical conditions. An economic-mathematical model shows that the greatest efficiency is provided by the strat-

egy based on parallel construction of mines and simultaneous putting into operation of the mine fields both in the Tarinnakhsky and the Gorkitsky mines. Sufficiently high profitability of underground ore mining is in its turn provided by application of the advanced low-cost and resource-saving technology with a mass ore caving and

complexes of high-performance self-propelled equipment in all ore mining processes. The schemes of development and ore mining are worked out. Optimal ore extraction parameters are determined. Technical and economic performance of each mine is calculated.

Keywords: scheme of development, the system of underground mining, block caving, resource-saving technology, economic-mathematical modeling, ore losses and contamination, technical and economic performance.

References

1. Yakovlev V.L., Volkov Yu.V., Slavkovsky O.V. On a strategy of development of copper ore deposits of the Urals. *Gornyj zhurnal* [Mining Journal], 2003, no. 9, pp. 3-7.
2. Volkov Yu.V., Kamaev V.D. Stage development of ore deposits. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'* [Mining research and information bulletin], 2007, no. 8, pp. 341-343.
3. Sokolov I.V., Smirnov A.A., Antipin Yu.G., Kulminsky A.S. Development of pit reserves of Udachnaya pipe in harsh climatic, mining and hydrogeological conditions. *Gornyj zhurnal* [Mining Journal], 2011, no. 1, pp. 63-66.
4. Sokolov I.V., Smirnov A.A., Antipin Yu.G., Nikitin I.V., Shirokov M.A. Rationale for underground geotechnology of the Sarbaisky iron ore deposit during combined mining. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'* [research and information bulletin], 2013, no. 4, pp. 58-65.
5. Freidin A.M., Filippov P.A., Gaidin S.P., Korenkov E.N., Neverov S.A. Prospects of technical re-equipment in underground mines of the metallurgy complex in West Siberia. *Zhurnal gornykh nauk* [Journal of Mining Science], 2004, no. 3, pp. 71-80.
6. Eremenko A.A., Eremenko V.A., Gaidin A.P. *Sovershenstvovanie geotekhnologii osvoeniya zhelezorudnykh udaropasnykh mestorozhdenij v usloviyakh dejstviya prirodnykh i tekhnogennykh faktorov* [Improvement of geotechnology of iron ore rock-bump hazardous deposit development in conditions of natural and anthropogenic factors]. Novosibirsk: Nauka, 2008, 312 p.
7. Zubkov A.V. *Geomekhanika i geotekhnologiya* [Geomechanics and geotechnology]. Ekaterinburg: UB RAS, 2001, 335 p.
8. Standard methodological instructive regulations on the setting of norms for extraction losses of solid commercial minerals: instructive materials on protection of mineral resources. Gosgortekhnadzor USSR. Moscow: Nedra, 1973, 154 p.
9. Standard methodological instructive regulations on the assessment of the economic consequences of losses of commercial minerals occurring upon the development of deposits: instructive materials on protection of mineral resources. Moscow: Nedra, 1973, 47 p.
10. Methodological recommendations on the evaluation of investment projects (second revision). Moscow: Economics, 2000, 424 p.

УДК 622.833.5

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ НА СОСТОЯНИЕ КРЕПИ СТВОЛОВ

Зубков А.В., Сентябов С.В., Бирючев И.В.

Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований на подземном руднике Гайского ГОКа и расчетов, выполненных в Институте горного дела Уральского отделения РАН. Выявленное явление расширения и сжатия Земли, происходящее синхронно с легко отслеживаемым изменением размера Солнца, требует дальнейшего исследования и уточнения корреляционных зависимостей. Приведены расчеты и замеры напряжений в крепи стволов, которые зависят не только от физико-механических свойств пород массива, но и от времени проходки ствола и остановок при возведении крепи на время, за которое бетон набрал свою полную прочность. Возникает опасность нарушения целостности крепи стволов.

Ключевые слова: условно постоянные тектонические напряжения; напряженно-деформированное состояние крепи стволов; астрофизические напряжения; бетонная крепь; массив горных пород.

Введение

Напряженное состояние и геодинамическая активность верхней части Земной коры как среды обитания и техногенной деятельности человека будут всегда в центре внимания. Периодически изменяющаяся интенсивность геодинамических явлений в виде землетрясений и горных ударов красноречиво свидетельствует об изменяющемся во времени уровне напряжений в недрах [3].

Лаборатория геодинамики и горного давления Института горного дела УрО РАН при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований со второй половины 1998 года по настоящее время ведёт экспериментальные работы по изуче-

нию изменения во времени напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород. Для этого были оборудованы наблюдательные станции на различных рудниках Урала вне зоны влияния горных работ в районе городов Краснотурьинск, Нижний Тагил, Березовский и Гай на глубинах от 420 до 1070 м.

В ходе анализа результатов работы было установлено явление периодического изменения НДС массива горных пород вследствие расширения и сжатия земной коры (Земли) с временным интервалом, в среднем, 11 лет [1].

Изменение НДС массива горных пород вызвано действием переменной во времени величиной напряжений, обусловленной действием