

С.М. Смирнов, А.А. Еременко

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПРИ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКЕ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КАМЕР НА ШАХТЕ «ЕСТЮНИНСКАЯ» ОАО «ЕВРАЗ ВГОК»**

*Выполнен анализ горнотехнической и геомеханической обстановки на шахте «Естюнинская». Установлены корреляционные зависимости между удельным расходом ВВ на отбойку и вторичное дробление, а также коэффициентом удельных потерь скважин от линии наименьшего сопротивления. Предложены схемы расположения скважин, которые позволили снизить их потери на 25%.*

*Ключевые слова: руда, месторождение, напряжение, скважина, блок, взрывная отбойка.*

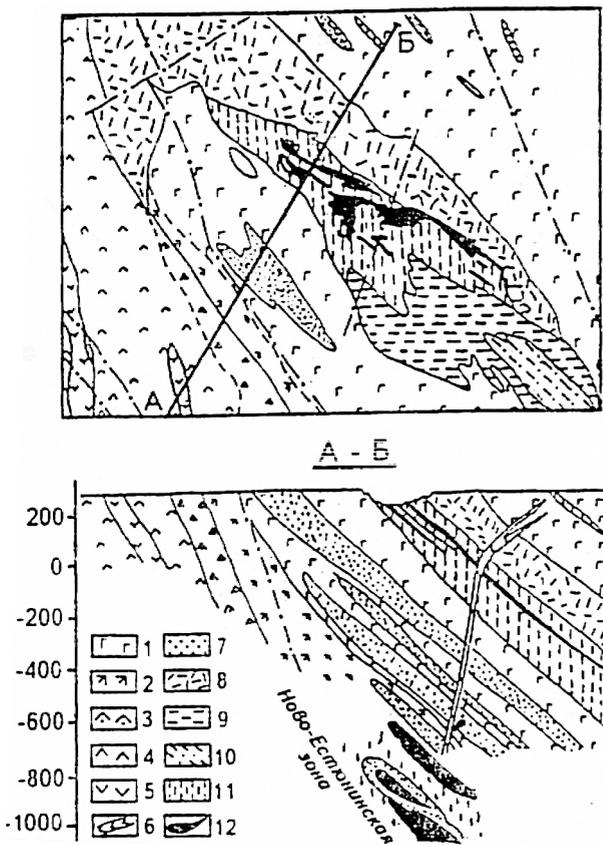
**Ш**ахта «Естюнинская» ОАО «ЕВРАЗ ВГОК» расположена в 8 км от г. Нижний Тагил и является поставщиком железной руды на Нижне-Тагильский металлургический комбинат. Фактическая годовая производительность шахты 1,0 млн т руды, при проектной производительности 1,2 млн т руды. Открытым способом за период с 1950 по 1977 гг. до глубины отработки +130 м добыто 11,9 млн т железной руды. В настоящее время подземная отработка Естюнинского месторождения ведется в этаже -180÷ -120 м.

Месторождение залегает среди метаморфических пород силурийского возраста во внутренней зоне Тагильского диорит – сиенитового массива (рис. 1). Дайки диоритовых и авгитовых порфиринов, а также спессартинов, монзонитов субмеридиональной и субширотной ориентировки прорывают породы и руды рудовмещающей толщи. Последняя характеризуется моноклиальным залеганием пород, осложненных слабо выраженной флексурой, контролирующей распространение магнетитового оруденения [1]. Рудные тела месторождения пластообразной формы, залегают

согласно с вмещающими породами. Выделено 9 рудных тел с балансовыми запасами промышленных категорий. Основные запасы (91%) сосредоточены в рудном теле 1, имеющем максимальную длину по простиранию 1385 м, по падению – 1600 м и максимальную мощность 72,3 м. Все рудные тела имеют северное падение, сложены вкрапленными магнетитовыми рудами. Руды хорошо обогащаются методом магнитной сепарации. Полученный железный концентрат содержит от 64 до 70% валового железа.

Для массива пород месторождения характерно наличие горизонтальных напряжений, действующих в субширотном направлении и часто превышающих гравитационные в 2–5 раз. При этом величины сжимающих напряжений достигают до 40–60 МПа и более уже на глубинах 400–500 м. Месторождение отличается аномально высоким уровнем первоначальных напряжений, которое на глубинах 300–400 м от поверхности в 2–3 раза превышает величину напряжений на рудниках СУБРА, Кольского полуострова и Горной Шории, где отработка ведется на глубинах 700–1000 м от поверхности.

Другой отличительной особенностью месторождения является высокая прочность руд и пород при сравнительно слабом развитии тектонической нарушенности и трещиноватости рудной зоны. Это обуславливает высокую степень нагруженности массива пород вокруг горных выработок, проявляющуюся в динамической форме на контурах выработок, особенно в зонах вблизи тектонических разломов. Динамические проявления горного давления отмечаются уже на стадии бурения и выражены в шелушении стенок скважин как при вертикальном, так и при горизонтальном бурении. Структура месторождения определяется образованием в дорудный период зон послойной трещиноватости, связанных с формированием флексурного изгиба моноклинально залегающих вулканогенно-осадочных пород. Пострудные разрывные нарушения представлены дайками и трещинными зонами, в основном северо-западного, реже субмеридианального и северо-восточного простирания с амплитудой смещения не более 1 м. Трещинные зоны характеризуются мощностью от нескольких метров до 20–30 м. Дайки в пределах рудной зоны месторождения пространственно концентрируются в двух направлениях: северном и южном и фиксируются на поверхности на северном и южном флангах. Дайки имеют в плане дугообразную форму, мощностью до 25 м, падают навстре-



**Рис. 1. Схематическая геологическая карта и разрез Евстюнинского железорудного месторождения [1]:**

1 – диориты пироксен-биотитовые диорит-сиенитового комплекса; 2–5 – габбро-плагиигранитный комплекс: 2 – диориты кварцевые пироксен-роговообманковые, 3 – габбро-диориты пироксен-роговообманковые кварцсодержащие, мелкозернистые, 4 – габбро роговообманковое, гиперстенсодержащее, среднезернистое, 5 – то же мелкозернистое; 6 – спессартиты; 7 – роговикипироксен-плаггиоклазовые; 8 – роговики пироксен-плаггиоклазовые, мелкозернистые метаморфические породы состава габбро – габбро-норит; 9–11 – метасоматиты: 9 – диопсид-олигоклазовые, 10 – биотит-пироксен-плаггиоклазовые, 11 – геденбергит-олигоклазовые; 12 – руды вкрапленные (геденбергит-плаггиоклаз-магнетитовые) и массивные магнетитовые

чу друг другу и сходятся на глубине в центральной части месторождения.

Месторождение вскрыто по фланговой схеме. На юго-западном фланге расположен главный скипо-клетевой ствол шахты, пройденный до горизонта -300 м. Схема проветривания шахты фланговая. Способ проветривания

комбинированный с подачей свежего воздуха по Вентиляционно-нагнетательному стволу, расположенному на северном фланге месторождения, и выдачей загрязненного воздуха по Вентиляционно-вытяжному стволу. Дробильно-скиповой комплекс и главный водоотлив расположены на горизонте -240 м.

На шахте применяется этажно-камерная система разработки открытыми камерами. Длина камер 35 м (20–90 м). Ширина камер по мощности рудного тела (12–40 м). Ширина междокамерных целиков (МКЦ) до 15 м, мощность потолочины 15–20 м. Целики обрабатываются массовым обрушением на открытые камеры с последующим выпуском руды под обрушенными породами. Камеры обрабатываются по простиранию с применением взрывной отбойки веерами скважин диаметром 105 мм. С целью уменьшения запасов руды в целиках и потолочинах и, соответственно, снижения потерь руды при выпуске применяется вариант этажно-камерной системы разработки с податливыми целиками.

Применяемый вариант этажно-камерной системы разработки принципиально не отличается от традиционного варианта этой системы разработки. Особенностью его является искусственно создаваемая податливость целиков (потолочины и МКЦ), т.е. способность их уходить из-под нагрузки, что дает возможность уменьшать размеры целиков. Податливость потолочины определяется формой ее поперечного сечения, которая представляет собой трапецию с малым основанием по висячему боку, причем диагональ трапеции является одновременно и высотой, а боковая грань (нижняя плоскость потолочины) – близка к вертикали. Данная конфигурация потолочины обеспечивает: ее срез от действующей гравитационно-тектонической нагрузки в направлении

висячий – лежащий бок по плоскости близкой к нормальной по отношению к плоскости рудного тела; улучшает условия обрушения потолочины, поскольку вертикальная плоскость ее позволяет веера скважин расположить параллельно плоскости отбойки.

Податливая потолочина обеспечивает возможность деформации висячего бока, выполняет функцию преграды для проникновения в камеру обрушенных пород, заполняющих вышерасположенное выработанное пространство и стремящихся срезать потолочину по плоскостям лежащего и висячего боков. Податливость МКЦ обеспечивается созданием на контакте с висячим боком зоны дробления путем проведения камуфлетного взрывания, которое позволяет снять гравитационно-тектоническую нагрузку с МКЦ. Нагрузка на МКЦ в этом случае определяется только призмой сползания со стороны висячего бока.

Компенсационная шель в виде отрезной шели проходится по простиранию и образуется путем взрывания рядов скважин на отрезной восстающей. Расстояние между рядами скважин по нормали 1,8–2 м. Количество скважин в ряду 3. Расстояние между скважинами в ряду 1,2 м.

Технологический блок представляет систему камерных единиц, после отработки которых обрушаются потолочины и МКЦ. Камеры обрабатываются по простиранию на всю высоту этажа. Первичная камера обрабатывается вкрест простирания на сформированную отрезную шель. Сетка разбуривания по первичной камере и камерам 2,75x2,80 м.

Выпуск отбитой рудной массы из камер самотечный. Доставка и погрузка рудной массы осуществляется через рудоспуски с погрузкой скреперными лебедками в шахтные вагонетки. При отбойке руды применяются сплошные колонковые заряды патронирован-

ного аммонита 6ЖВ диаметром 90 мм и грамотол Т-18. На вторичном взрывании используется патронированный аммонит 6ЖВ диаметром 90 мм. Используемые средства взрывания: ЭД, СИНВ-Ш, ДШ. На первичном короткозамедленном взрывании применяется от 9 до 22 ступеней замедления.

Проведен анализ причин потерь скважин и высокого удельного расхода ВВ на вторичном дроблении на шахте «Естюнинская». Известно [2], что при разработке рудных месторождений, как правило, существует тесная корреляционная связь между удельным расходом на первичное и вторичное взрывание. Установлено, что на шахте в последние годы закономерно повышается удельный расход ВВ на вторичную отбойку, при этом удельный расход ВВ на первичную отбойку снижается. Это напрямую связано с потерями взрывных скважин. Недозарядка скважин нарушает отработанную на предприятии технологию взрывания массива, ведет к дополнительному бурению скважин и взрывной отбойке непроработанных взрывом участков.

Для оценки потерь скважин в зависимости от расстояния до свободной поверхности разработана методика расчета, основанная на опыте исследований по данному направлению на шахтах Горной Шории [3]. По методике определялись веера скважин, расположенные на одинаковом расстоянии от свободной поверхности. Для выбранного веера рассчитывался  $K_{уд. потерь}$  (коэффициент удельных потерь), количественно равный:

$$K_{уд. потерь} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{\sum_{i=1}^n L_{скв}}$$



**Рис. 2. Зависимость расстояния скважин от свободной поверхности на коэффициент удельных потерь**

где:  $n_i$  – процент потерь скважин в ряду;  $L_{1скв}$  – суммарная длина скважин в ряду.

Выявлена зависимость коэффициента удельных потерь от расстояния скважин до свободной поверхности (рис. 2).

Установлено, что первичные, последующие камеры, а также межкамерные целики имеют неустойчивые плоские поверхности обнажений. С течением времени (как правило, через 2 месяца) в горном массиве на расстоянии 15 м от поверхности обнажений под действием напряжений возникают трещины различного уровня и направлений, которые иногда приводят к самообрушению части горного массива. Самообрушения приурочены к центральной зоне обнажений.

Для горно-геологических условий шахты Естюнинская при отбойке веерами скважин разработан способ формирования вогнутых устойчивых обнажений [4], что, во-первых, снижает потери скважин за счет упреждающей выемки массива, и, во-вторых, отбойку массива за счет вогнутой эллипсоидной формы обнажений можно вести в зоне растягивающих напряжений, энергия которых работает на разрушение массива камер.

По разработанной технологии взрывной отбойки граница обнажений оформляется по линии изобары, т.к. такая форма поперечного сече-

ния забоя очистного блока наиболее рациональна в условиях повышенного горного давления в горизонтальном направлении. При этом наблюдается снижение концентрации напряжений в призабойном пространстве. Т.е. в данном случае имеется прямая аналогия с установлением свода естествен-

ного равновесия в горизонтальном направлении. Указанная мера позволяет повысить эффективность обработки камер за счет снижения до 25% потерь скважин, сохранения устойчивости буровых выработок, ликвидации обрушений в период подготовки и ведения взрывных работ.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубровин В.В., Полянский И.Г. и др. Естюнинское месторождение железных руд на Среднем Урале. Отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1982. № ГР 40-79-25/15 инв № 01382. – Н.-Тагил: УПГО «Уралгеология», 1982. – С. 188–192.

2. Терентьев В.И. Управление кусковатостью поточной технологии добычи руды подземным способом. – М.: Наука, 1972. – 200 с.

3. Курленя М.В., Еременко А.А., Цинкер Л.М., Шрепп Б.В. Технологические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 2002. – 240с.

4. Цинкер Л.М., Смирнов С.М. и др. Заявка на изобретение № 2011149236/03 (073917) от 02.12.2011. **ПАТБ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Смирнов Сергей Михайлович – кандидат технических наук, главный инженер ООО «ВостНИГРИ», Еременко Андрей Андреевич – доктор технических наук, профессор, зам. директора по научной работе, e-mail: yeryom@misd.nsc.ru, Институт горного дела СО РАН.

---

UDC 622.831

## CONSIDERATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A ROCK MASS IN ORE BLASTING IN THE CHAMBER MINING PROCESS AT ESTYUNINSKAYA MINE, JSC EVRAZ VGOK

Smirnov S.M., Candidate of Engineering Sciences, Chief Engineer, JSC VostNIGRI, Eremenko A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director on Scientific Work, e-mail: yeryom@misd.nsc.ru, Mining Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

---

*The correlation relationship between the specific explosive consumption in the ore breaking and secondary crushing operations, as well as the coefficient of the specific borehole loss versus the least resistance line were established based on the survey of the mining and geomechanical situation at Estyuninskaya mine. The new-proposed blasthole patterns provided 25% reduction in the borehole loss.*

*Key words: ore, deposit, stress, blasthole, block, ore blasting.*

## REFERENCES

1. Dubrovin V.V., Polyanskiy I.G. *Estyuninskoe mestorozhdenie zheleznykh rud na Srednem Urале. Otchet s podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.01.1982* (Estyuninsky iron-ore deposit in the Mid Urals. Report and reserves estimate as of January 1, 1982), N.-Tagil: UPGO «Uralgeologiya», 1982, pp. 188–192.

2. Terent'ev V.I. *Upravlenie kuskovatost'yu potochnoi tekhnologii dobychi rudy podzemnym sposobom* (Lumpiness control in continuous underground ore mining), Moscow, Nauka, 1972, 200 p.

3. Kurlenya M.V., Eremenko A.A., Tsinker L.M., Shrepp B.V. *Tekhnologicheskie problemy razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdenii Sibiri* (Technological problems of iron ore mining in Siberia), Novosibirsk, Nauka, 2002, 240 p.

4. Tsinker L.M., Smirnov S.M. *Zayavka na izobreteniye no 2011149236/03 (073917)* (Application for an invention no 2011149236/03 (073917)), 02.12.2011.