

УДК 622.831

А.И. Веселов, А.И. Федоренко, А.А. Стафеев

ОЦЕНКА УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ШАХТНОГО ПОЛЯ ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ

Разработан метод выделения геодинамически активных зон и расчета их границ, обеспечивающих геомеханическую оценку безопасных условий проходки подземных горных выработок в горном массиве.

Ключевые слова: удароопасность массива горных пород, рудное поле, геодинамически опасные зоны.

Семинар № 16

Современные требования безопасности эксплуатации горнорудных предприятий предусматривают принятие предупредительных мер по борьбе с горными ударами, ликвидацию их последствий и профилактику.

В новейшей теории техногенных катастроф утверждается, что проявление неотектонических движений, определяющих современные деформации массивов земной коры, тяготеют к активным тектоническим структурам [1]. Большинство динамических проявлений и горных ударов на эксплуатируемых железорудных месторождениях приурочены к зонам разрывных нарушений. Эти зоны являются геодинамически активными.

Шерегешевское месторождение до 2004 г относилось к склонным по горным ударам с критической глубиной по условию удароопасности – 600 м. В 2003-2004 гг. на месторождении на участках Главном и Болотном произошли два микроудара в выработках блока №14 на глубине 377 м от поверхности. В связи с проявлениями микроударов часть Шерегешевского месторождения, начиная с

гор. +325 м и до выклинка рудных тел на стыке участков Болотный и Главный, была отнесена к опасным по горным ударам на основании требований «Инструкции [2].

Проведенные исследования позволили выделить, геометризовать геодинамически активные зоны и оценить их влияние на эксплуатацию.

Краткие сведения о структуре рудного поля и месторождения

Шерегешевское месторождение входит в состав Кондомской группы. Оно расположено в северной части одноименной грабен-синклинали, размерами 6-10 км в ширину и 50 км в длину. Пространственно приурочено к южному крылу кембрийской вулкано-купольной геологической структуре, интенсивно осложненному синклинальной складкой, внедрениями интрузивных тел, несколькими системами разрывных нарушений различного масштаба и возраста.

Наиболее крупные нарушения отделяют рудные участки друг от друга, образуя блоки неправильной, треугольной, четырехугольной формы с размерами стороны от 575 -1380 м до 1800-2700 м. Район сейсмоопа-

сен, сейсмичность 7 баллов по шкале Рихтера. Рудовмещающими являются вулканогенно-осадочные и терригенно-карбонатные породы мундыбашской свиты среднекембрийского возраста, прорванные в восточной части рудного поля интрузивными телами гранитов и сиенитов. В западной части рудного поля отложения мундыбашской свиты трансгрессивно перекрыты терригенными осадками нижнего ордовика.

Рудная зона месторождения прослежена непрерывной полосой с востока на запад $270-280^{\circ}$ на протяжении 3,5 км. Она состоит из восьми рудных участков: Восточного, II рудного (отработаны), Главного, Болотного, Нового Шерегеша, Подруслового (эксплуатируются), Новой промплощадки, Юго-Западного (в проектном контуре).

Главными особенностями условий отработки месторождений являются «слепое», без выхода на поверхность залегание рудных тел (кроме участков Главного и Восточного), широкое развитие флексурных зон, разрывных нарушений, даек, апофиз интрузивных тел, создающих сложные и удароопасные зоны, блочную структуру.

Рудные тела залегают среди скарнов и метасоматитов, вулканогенно-осадочных пород, секутся дайками и апофизами гранитов, сиенитов, разрывными нарушениями. Простирающееся их ($300-310^{\circ}$), изменчивое юго-западное падение под углами $30-80^{\circ}$. Наиболее крупные тела расположены на участках Новый, Шерегеш, Болотный.

Особенности проявления геодинамически опасных зон

При проведении геодинамического районирования глубоких горизонтов Шерегешевского месторождения одной из основных задач в соответствии с [3] явилось выявление блочной

тектонической структуры массива пород, руд в районе месторождения и установление динамического взаимодействия блоков.

В результате геолого-структурного картирования разрывных нарушений, проведенного нами в подземных горных выработках на эксплуатируемых участках Главном, Болотном, Новом Шерегеше и Подрусловый (гор +325, +225 м, +185 м +115 м, глубина 370-620 м от поверхности) выявлены основные зоны геодинамически активных разрывных нарушений. Опасная зона – это участок недр земной поверхности вблизи и в пределах границ которого при ведении горных работ требуется осуществить дополнительные меры безопасности по ликвидации или снижению интенсивности вредного влияния факторов, представляющих повышенную опасность для работающего. Опасными зонами считаются тектонические нарушения мощностью более 1,0 м [4].

Геодинамически активными и потенциально опасными являются тектонические разрывы, по которым наиболее вероятно возникновение сейсмических явлений, горных ударов и внезапных выбросов и обрушений пород в горных выработках. Эти нарушения №1,1^а,2, являются границами участков. Классификация разрывных нарушений приведена в табл. 1.

Геометризация выявленных опасных тектонических зон показала, что главной особенностью массива действующих горизонтов является блочный характер южного крыла Шерегешской вулкано-купольной структуры. Последнее осложнено тремя опасными тектоническими зонами, разделяющими рудное поле на 3 тектонических блока.

Разрывные нарушения представлены сбросо-сдвиговым морфогенетическим типом, в результате чего рудные

Таблица 1

Классификация опасных разрывных нарушений рудной зоны глубоких горизонтов Шерегешевского месторождения

Номер нарушения и место его нахождения	Морфогенетический тип	Амплитуда смещения (м)	Геометрические элементы сместителя				
			Азимут простирания (градус)	Угол падения (градус)	Мощность (м)	Длина (м)	Ширина зоны влияния (м)
1	2	3	4	5	6	7	8
Номер 1, стык участков Новый Шерегеш-Подрусловый	Сбросо-сдвиг	250-300	50-60	60-70	50	900	140
Номер 2, стык участков Болотный и Главный	Сбросо-сдвиг	40-50	50-70	70-80	0,5-5	700-800	25
1 ^а Стык участков Подрусловый Новая Пром-площадка	Сбросо-сдвиг	100-120	40-50	50-60	3,0	300	32

тела каждого участка ступенчато погружается на запад. По результатам картирования разрывных нарушений в подземных горных выработках разработана геолого-геометрическая модель блочной структуры массива месторождения.

Критериями выделения геодинамически активных разрывных нарушений явились (в порядке значимости): тип сместителя, амплитуда смещения по сместителю, мощность более 1,0 м, ширина зоны влияния, густота трещиноватости.

Главным критерием выделения активных зон является амплитуда смещения по сместителю, его величина. Она определяет степень подвижности и способность реагировать на тектонические и техногенные нагрузки. Амплитуда смещения определяется известными в структурной геологии методами.

Нарушение №2 расположено в зоне сочленения участков Болотный и Главный. Оно представлено сбросо-сдвиговой дислокацией с амплитудой смещения 40-50м. прослежено по простиранию с крутыми углом паде-

ния (70-80⁰), мощностью 0,5-5 м, протяженностью 700-800 м и шириной зоны влияния 25 м.

Прослежено оно в виде зоны дробления среди вмещающих пород, руд, контактов с ними. Зона дробления выполнена глинистым материалом, перетертыми обломками вмещающих пород, руд (известняки, скарны, магнетитовые руды, роговики, порфириды). Нарушение имеет секущий характер и является более молодым по отношению к вмещающим породам. Сопровождается оно серией мелких оперяющих трещин, располагающихся на расстоянии до 30 м от сместителя, образуя полосу шириной до 60 м, протягивающуюся параллельно. Как висячем, так и лежащем боках нарушения отмечаются вывалы пород. Формирование нарушений происходило в несколько этапов – сжатия и растяжения. Проходка горных выработок по нарушению и в зоне его влияния сопровождалась вывалами, внезапными обрушениями горных пород двумя микроударами.

Нарушение №1 расположено в западной части на границе участков Подруслый и Новый Шерегеш. Оно фиксируется по следам заполнения мощной апофизы сиенитов по контактам которой развиты зоны дробления северо-восточного простирания ($50-60^{\circ}$) и с крутыми углами падения ($60-70^{\circ}$) на северо-запад. Мощность ее достигает 50 м, по простиранию и на глубину она прослежена на протяжении до 900 м. Ширина зоны влияния - 140 м.

По морфогенетическому типу это сбросо-сдвиговая дислокация с амплитудой смещения 250-300 м. Она пересекает вкрест простирания скарново-рудную зону на гор.+325м, +255м., +185 м. Вмещающими рудные тела, являются скарны, порфириды, туфы. Зоны дробления на контактах апофизы сиенитов выполнены перетертыми обломками вмещающих пород, содержат глинку трения, кварц-карбонатные прожилки мощностью 1-3 см. Как висячем, так и лежащем боках нарушение сопровождается интенсивно развитой мелкой трещиноватостью тектоническими трещинами мощностью до 10-25 см и протяженностью до 3 м.

Нарушение №1 опасно тем, что с ним связаны обрушения горных выработок, их деформации при техногенных нагрузках, динамических проявлениях горного давления и горных ударах.

Нарушение №1^а разделяет участки Подруслый, Новая Промплощадка. По морфогенетическому типу нарушение представлено сбросо-сдвиговой дислокацией с амплитудой смещения 100-120 м. Оно прослежено по простиранию в северо-восточном направлении ($40-50^{\circ}$) на протяжении 300 м, с углом падения $50-60^{\circ}$, при мощности 3,0 м и шириной зоны влияния 32,0 м. Представлено

зоной дробления вмещающих пород и прослежено на гор +115-+255м.

Меры безопасности при проектировании горных работ

Описанные разрывные нарушения и зоны их влияния являются геодинамически опасными. Каждое из них индивидуально влияет на устойчивость вмещающих пород и руд. Известно, что зона влияния также опасна при проходке горных выработок, как и зона нарушения мощностью более 1,0 м только неясно, где начало границы опасной зоны от сместителя, на каком она расстоянии. Как было указано, критерием выделения геодинамически опасных нарушения является масштаб сместителя, мощность, амплитуда смещения по сместителю.

Для определения границ опасной зоны разработана структурно-тектоническая модель Шерегешевского месторождения, отражающая закономерности размещения показателя густоты трещиноватости в зоне влияния сместителя. Модель нарушения представляет собой сочетание зон дробления, милонитизации, катаклаза переменной мощности. В участках милонитизации породы растерты до глинистого состояния. Они являются частью массива с непрерывной сетью трещин. Зона влияния нарушения располагается между участками дробления и массивом, не затронутым приразломной трещиноватостью. В ней в участках наибольшей густоты трещиноватости на различных расстояниях от плоскости сместителя зафиксированы вывалы пород, руд при проходке горных выработок. Исходя из указанной модели, границы опасных зон рассчитываются среднеарифметическим и аналитическим методами с последующим сравнением их результатов.

Для определения границ опасных зон от тектонических нарушений

Таблица 2

Параметры средней ширины опасных зон от тектонических нарушений, определенных среднеарифметическим методом

№ нарушения и место его нахождения	Средняя ширина (м) опасной зоны		Общая ширина
	Висячее крыло	Лежачее крыло	
№1 Стык участков Новый Шерегеш - Подрусловый	30	25	55
№2 Стык участков Болотный - Главный	15	10	25

Таблица 3

Результаты определения параметров ширины опасных зон в тектонических нарушениях аналитическим методом

Номер нарушения и место его нахождения	Амплитуда смещения (м)	Расчетная ширина опасной зоны (м)
№1 Стык участков Новый Шерегеш - Подрусловый	300	52
№2 Стык участков Болотный, Главный	62	23

среднеарифметическим методом используется трещиноватость, формирование которой связано с разрывными нарушениями.

Густота трещиноватости определяется по формуле:

$$K = \frac{n}{e}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, указывающий на количество трещин, приходящихся на 1 пог. м. в интервалах исследований 0-5,5 -10, 10-15, 15-20 м. от плоскости сместителя как в лежачем, так и в висячем крыльях нарушения; n – количество трещин, шт, e – интервал исследований.

После сбора материалов в указанных интервалах исследований проводится подсчет K и его геометризация.

Критерием [2] о том, что области шахтного поля оконтуренные изолиниями $K \geq 0,6$ на 1 м и выше относят к опасным. По показателю $K \geq 0,6$ проведена геометризация границ опасных зон от разрывных нарушений. В результате произведенных расчетов полученные данные были нанесены на планы рабочих горизонтов и таким образом определяется средняя ширина опасных зон

По аналитическому методу так же рассчитаны границы опасных зон. Их ширина находится в параболической зависимости от величины амплитуды смещения и определена по формуле:

$$B = 3\sqrt{N}, \quad (2)$$

где B – ширина опасной зоны; N – амплитуда смещения сместителя; Результаты расчетов приведены в табл. 2, 3.

При отсутствии на проектируемом горизонте, участке горных выработок или при малом их числе для прогнозирования степени геодинамической опасности используется косвенный метод путем геометризации показателей выхода керна скважин геолого-разведочных работ определяется по формуле:

$$B_k = \frac{e}{L}, \quad (3)$$

где B_k – выход керна, %; e – длина поднятого столбика керна м.; L – глубина скважины м.

Выход керна отражает степень трещиноватости и, соответственно, степень деформации массива и удаороопасность.

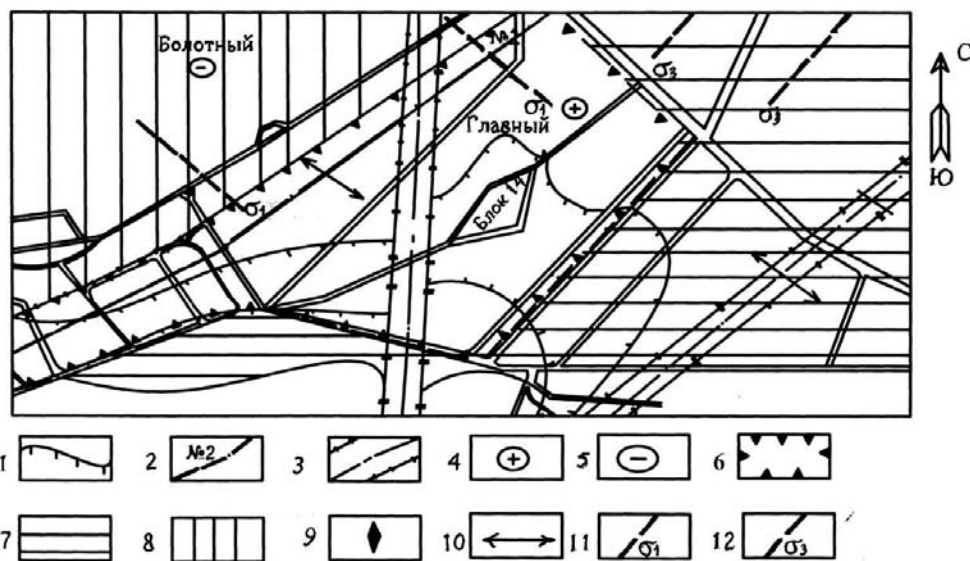


Схема геодинамической активности массива участков Главного и Болотного Шерегешевского месторождения на гор +325 м: 1- контуры рудных тел; 2 – геодинамически активные нарушения и их номера; 3 – границы зон влияния геодинамически активных нарушений; 4 – поднятые структурно-тектонические блоки; 5 – опущенные структурно-тектонические блоки; 6 – контуры зон массива, опасные по горным ударам, микроударам; 7 – контуры зоны массива, опасные по внезапным обрушениям кровли и стенок выработок интенсивного заколообразования; 8 – контуры зон массива, опасные по заколообразованию, толчкам, стрельянию; 9 – места проявления микроударов; 10 – зона растяжения, сдвига; 11 – траектории осей максимальных главных напряжений σ_1 ; 12 – траектории осей минимальных главных напряжений σ_3 ;

При бурении скважин слабая трещиноватость соответствует 80-100 %, средняя трещиноватость соответствует 70-80 %, а сильная трещиноватость соответствует выходу керна 70%.

Из практики ведения геологоразведочных и горных работ с определенной долей условности принято, что при выходе керна менее 70% массив горных пород является опасным по обрушениям кровли и боков горных выработок, интенсивному заколообразованию, стрельянию, толчкам.

В результате проведенных расчетов полученные данные были нанесены на рабочие погоризонтные планы горных работ и геометризованы. При проектировании и проходке подзем-

ных горных выработок необходимо знать ориентировку главных осей напряжений, характер распределения динамических проявлений горного давления в массиве. Полученные материалы позволяют по показателям тектонической нарушенности осуществить реконструкцию главных осей напряжений в условиях выделенных морфогенетических типов нарушений: сбросу соответствует зона растяжения, ось σ_1 вертикальна. Взбросу соответствует зона сжатия, ось σ_1 горизонтальна; сдвигу соответствует зона сдвига. При этом оси σ_1 и σ_3 горизонтальны, а ось σ_2 вертикальна. [3].

В результате геометризации осей напряжений, результатов картирова-

ния и геометризация динамических проявлений горного давления создана геодинамическая графическая модель массива глубоких горизонтов Шерегешевского месторождения (см. рис.1).

Модель состоит из трех разновидностей деформаций массива:

- площади массива опасные по горным ударам и микроударам;

- площади массива опасные по внезапным обрушениям кровли боков выработок, интенсивному заколообразованию;

- площади массива опасные по стрельянию заколообразованию.

Неоднородные свойства массива, и его деформаций позволяют разработать и обосновать способы проведения и крепления выработок, совершенствовать технологию проведения и крепления в удароопасных условиях [5].

Выводы

1. Разработана геодинамическая модель горного массива глубоких го-

ризонтов, Шерегешевского месторождения, позволяющая проводить выделение геодинамически активных зон по показателям тектонической нарушенности, осуществлять расчет границ горных работ и использовать при проектировании и ведении горных работ.

2. Геодинамическая модель массива неоднородна. Она состоит из трех разновидностей деформаций массива: зон опасных по горным ударам, микроударам; зон массива опасных по внезапным обрушениям кровли и стенок выработок; зон массива опасных по стрельянию и заколообразованию.

3. Неоднородное состояние массива, неравномерное распределение деформаций позволяет осуществлять геомеханическое обоснование проведения и крепления подземных горных выработок при планировании и ведении горных работ.


СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сашурин А.Д. Современная геодинамика и техногенные катастрофы [Текст]:/ А.Д. Сашурин Геодинамика в горном деле. Труды международной конференции 19.11.2002 г. Екатеринбург. ИГД УРО РАН. – С. 180-191.

2. «Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных, нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склоновых и опасных по горным ударам (РД – 06-329-99) [Текст]: Москва, «НТЦ»: По безопасности промышленности Госгортехнадзор России М. 2000 – 43 с.

3. Геодинамическое районирование недр [Текст]: Методические указания. – Ленинград: ВНИМИ. 1990. - 128 с.

4. Временная инструкция по определению и учету опасных зон и о порядке ведения горных работ в пределах их границ на горнодобывающих предприятиях НПО «Сибруда»:- Новокузнецк 1993.- 21 с.

5. Еременко А.А. Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железорудных месторождений /А.А. Еременко, А.И. Федоренко, А.И. Копытов – Новосибирск: Наука -2008. – 236 с. 

Коротко об авторах

Веселов А.И. – кандидат геолого-минералогических наук, ст. научный сотрудник, доцент СибГИУ,

Федоренко А.И. – кандидат технических наук, доцент, директор Осинниковского филиала СибГИУ,

Стафеев А.А. – кандидат технических наук, доцент СибГИУ.

ГОУ ВПО СибГИУ Новокузнецк, fedorenko@gorfak.sibsiu.ru