УДК 622.235(088.8):519.21

К. Л. Дудко

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Опыт отработки всех рудных месторождений Горной Шории показывает, что с увеличением глубины горных работ происходит рост интенсивности и частоты проявлений горного давления в динамической форме – горных ударов [1]. Например, динамические проявления горного давления в форме стреляний пород на Таштагольском месторождении отмечены с глубины 300 м, а на глубине 600 м и более имели место проявления горных и тектонических ударов большой разрушительной силы. При этом обнаружено, что горные удары приурочены в основном к контактам различных пород и разрывным нарушениям.

Железорудные месторождения Горной Шории и Хакасии разрабатываются на больших глубинах в условиях действия высоких тектонических напряжений и нарушенности массива горных пород. Руды и породы прочные, хрупко разрушаются под нагрузкой, способны накапливать значительную упругую энергию деформаций; около 90 % пород удароопасны [2]. Рудные тела месторождений имеют крутое (от 60 до 90°) залегание, вмещающий массив представлен также крутопадающими слоями сиенитов, скарнов, диоритов, сланцев, гранодиоритов, порфиритов и известняков. Разрывные нарушения представлены разноориентированными трещинами, прямолинейными и либо открытыми, либо сцементированными раздробленным материалом (в основном кварцем и кальцитом с вкраплениями).

Службы прогноза геодинамических явлений на рудниках используют различные геофизические методы, в том числе электрометрические.

Среди них довольно широко используется метод электропрофилирования выработок вмещающего массива контролируется региональная напряжённость массива, определяются пригруженные участки (блоки) массива, в пределах которых необходимо проведение работ по локальному прогнозу удароопасности. Наблюдения методом электропрофилирования проводятся в квершлагах, подводящих к рудным телам, и в полевых штреках на всех эксплуатируемых и вновь вскрываемых горизонтах.

Вдоль профилей электрометрических наблюдений размечаются пикеты с шагом AB=20-25 м. Два соседних пикета используете для установки питающих электродов AB. Приемные электроды MN с расстоянием между ними MN=1 м устанавливаются на равном расстоянии между питающими электродами, при этом AM=NB=(AB-1)/2 м. Для измерений используют переносные линии и прижимные электроды [3].

При этом профили проложены, в основном, в горизонтальных выработках, то есть пересекают различные контакты пород и плоскости трещин. Таким образом, при интерпретации данных измерений по профилю необходимо наряду с оценкой влияния напряженного состояния учитывать существенное влияние минералогической неоднородности на сопротивление.

Плоская граница двух сред, на которой удельное электрическое сопротивление (УЭС) изменяется скачком от ρ_1 до ρ_2, в электрическом поле – одна из типичных задач электроразведки [4].

При измерениях вблизи границы породных слоев, плоскости сброса или надвига источник поля, линия наблюдения и поверхность раздела

Таблица 1. Доверительные интервалы определения УЭС пород

Тип горной породы	Среднее значение УЭС, Ом·м	Доверительный интервал, Ом·м	Уравнение регрессии и корреляционное отношение η
Кварцит	34200	2700	$\rho/\rho_0 = 9\cdot10^{-6}\sigma^2 - 3{,}4\cdot10^{-3}\sigma + 1{,}02,\ \eta = 0{,}93$
Порфирит	30300	3000	$\rho/\rho_0 = 3\cdot10^{-5}\sigma^2 - 7{,}4\cdot10^{-3}\sigma + 1{,}01,\ \eta = 0{,}88$
Сиенит	21500	3400	$\rho/\rho_0 = -3{,}1\cdot10^{-3}\sigma + 1{,}06,\ \eta = 0{,}77$
Скарн	34700	5300	$\rho/\rho_0 = -6\cdot10^{-5}\sigma^2 - 1{,}3\cdot10^{-3}\sigma + 1{,}02,\ \eta = 0{,}79$
Рудный скарн	2600	400	$\rho/\rho_0 = -7\cdot10^{-6}\sigma^2 - 0{,}5\cdot10^{-3}\sigma + 1{,}02,\ \eta = 0{,}96$
Сланец	19500	2900	$\rho/\rho_0 = 4\cdot10^{-5}\sigma^2 + 5{,}7\cdot10^{-3}\sigma + 1{,}03,\ \eta = 0{,}84$

могут занимать различные положения в пространстве. В зависимости от этого токовые линии в той или иной степени будут отражаться границей раздела или втягиваться в ту или иную среду.

Эквивалентность плотности тока в рассматриваемой среде характеризуется коэффициентом отражения $K_{1,2} = (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 + \rho_1)$, где индексы 1 и 2 соответствуют контактирующим средам.

Изучение связи между величиной электросопротивления минералогически неоднородных вмещающих пород с одноосным сжатием позволит сделать заключение о реальных возможностях электропрофилирования в оценке удароопасности массива в натурных условиях.

С этой целью выполнен комплекс лабораторных исследований по определению УЭС образцов горных пород при их механическом нагружении до предразрушающего состояния.

Образцы были отобраны на Таштагольском руднике в выработках, где проложены измерительные профили.

Исследования проведены в соответствии с ГОСТ 25494-82. Сущность метода заключается в определении величины электрического сопротивления образца горной породы постоянному току через 3 с после наведения в нем поля при двухэлектродной схеме измерений с охранным кольцом и расчета по этим данным удельного электрического сопротивления для сухих естественно влажных и увлажненных образцов пород.

Статистическая обработка результатов полученных измерений проведена по известным стандартным методикам с учетом правила “трех сигма” (отброс значений, в которых отклонение результата от среднего превышает утроенное стандартное отклонение) [5].

Для получения корреляционных зависимостей изменения УЭС пород от механических напряжений σ использован метод наименьших квадратов. При этом УЭС представлялось в виде отношения ρ_i/ρ_0, где ρ_i – текущее значение УЭС при нагружении, ρ_0 – УЭС в начале нагружения.

В табл. 1 приведены результаты обработки экспериментальных данных для всех исследованных типов пород.

Уменьшение относительного электросопротивления от начала нагружения до предразрушающего состояния составляет от 11 (рудный скарн) до 80 % (скарн). Диапазон изменения коэффициента отражения тока K_{12} от контактов исследованных типов пород составляет от 0,01 до 0,86, причем в зависимости от взаимного расположения контакта пород и источника тока возможно как увеличение, так и уменьшение плотности тока в точке расположения приемных электродов.

Полученные результаты показывают, что разделение влияния минералогической неоднородности и напряженного состояния массива при интерпретации кривых кажущегося электросопротивления, полученных вдоль измерительного профиля в выработке, возможно.

Для этого следует выделять на профиле участки длиной нескольких разносов электродов, где имеются породы одного или очень близкого по УЭС состава, что позволяет считать это пространство однородным и изотропным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еременко А. А.* Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области / А. А. Еременко, В. А. Еременко, А. П. Гайдин. – Новосибирск: Наука, 2009. – 224 с.

2. *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.

3. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам. – Изд-во ВостНИГРИ. – Новокузнецк: 2001. – 55 с.

4. *Матвеев Б. К.* Электроразведка. – Москва: Недра, 1990. – 368 с.

5. *Ткалич В. Л.* Обработка результатов технических измерений Учебное пособие. / В. Л. Ткалич, Р. Я. Лабковская. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 72 с.

Автор статьи

Дудко Константин Львович,

ассистент каф. теоретической и геотехнической механики КузГТУ.

e-mail: constantin.dudko@yandex.ru

Поступило в редакцию 09.12.2014