

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ШАХТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УВЛАЖНЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

инж. Борисенко Э.В., инж. Борщ Т.В., инж. Васютина В.В. (Отделение физико-технических горных проблем ДонФТИ НАНУ)

Для оценки состояния массива горных пород в окрестности выработки предлагается использовать метод эффективного электрического сопротивления. Для определения изменения электрического сопротивления массива пород вокруг горных выработок применяются трехэлектродные - AMNB $\rightarrow\infty$  и четырехэлектродные - AMNB установки. Электрический ток  $I$  вводится в породы через питающие электроды (заземлители) А и В. Между электродами М и N измеряется разность потенциалов  $\Delta U$ . Эта разность потенциалов пропорциональна току  $I$  и удельному электрическому сопротивлению  $\rho$  пород, в которых расположена установка, что дает возможность по данным измерений  $\Delta U$  и  $I$  определить  $\rho$ .

В естественных условиях исследуемый массив почти всегда является неоднородным и анизотропным. Поэтому вводится в рассмотрение понятие эффективное сопротивление  $\bar{\rho}$  массива [1], определяемой формулой.

$$\bar{\rho} = K \frac{\Delta U}{I} \quad (1)$$

где  $K$  - коэффициент учитывающий геометрические размеры установки.

Физический смысл эффективного сопротивления заключается в том, что данная электрическая неоднородность массива порождает аномальную структуру потенциального поля; характер и поведение этой структуры описывает пространственно-переменная величина - эффективное сопротивление. В нашем случае электрическая неоднородность массива возникает под действием меняющихся напряжений и влажности угля.

Применение электрометрического метода эффективного сопротивления [2,3,4] позволяет оценить напряженное состояние массива, определить характер изменения нагрузок в зонах опорного давления, установить пределы и характер влияния производственных процессов, определить размеры и местоположения зон разрушения пород и угля вокруг выработок, определить расстояние до максимума опорных нагрузок т.е. осуществить локальный прогноз в горных выработках.

Весьма существенной стороной метода эффективного сопротивления является проведение наблюдений без внедрения в массив, что исключает нарушение исследуемого поля напряжений и требует значительно меньших затрат труда и времени. Кроме того, наблюдения могут проводиться с любой дальностью (ограничивается только разносом питающей линии) в глубину массива и по длине выработки.

Применение метода электрометрии для исследования напряженного состояния горного массива на контуре с горной выработкой основано на установленной ранее зависимости удельного электрического сопротивления горных пород и угольного пласта от горного давления.

Выполненными ВНИМИ лабораторными и шахтными исследованиями на угольных шахтах в Донбассе, Кузбассе и ряде других месторождений [5] установлено, что электрическое сопротивление горных пород в зависимости от типа пород, условий нагружения и величины нагрузки изменяется в весьма широких пределах.

Представляя себе горную породу как минеральный агрегат, состоящий из большого количества различно проводящих электрический ток зерен, наличия или отсутствия в ней электролита различной минерализации и порового пространства, рассмотрим роль каждого из перечисленных факторов в механизме изменения электрического сопротивления породы при изменении давления [6,7].

Влияние контакта между зернами в минеральном агрегате, лишенном свободного электролита, на изменение его электрического сопротивления с увеличением давления. С увеличением давления электрическое сопротивление порошковой пробы угля сначала резко, а затем более плавно уменьшается.

Таким образом, уменьшение электрического сопротивления горных пород, лишенных свободного электролита обусловлено главным образом, улучшением контакта между зернами и сокращением объема порового пространства.

Рассмотрим характер изменения электрического сопротивления горной породы, насыщенной электролитом.

Известно, что с увеличением электролита электрическое сопротивление горной породы уменьшается и становится минимальным при полном насыщении [4].

Таким образом, изменение электрического сопротивления массива горных пород под воздействием меняющихся нагрузок является практической предпосылкой для использования шахтных методов электроразведки для оценки напряженного состояния и степени однородности увлажнения массива горных пород.

Электрометрические исследования в горных выработках проводятся с помощью вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и электропрофилирования (ЭП).

Вертикальное электроразведание – модификация метода сопротивлений, при которой в процессе работы расстояние между питающими электродами или между питающими и приемными электродами постепенно увеличивается. Чем больше это расстояние, тем больше глубина проникновения тока, а измеренное эффективное сопротивление  $\rho$  характеризует все более глубокие части массива. Измеряя  $\rho$  установками с разной глубиной проникновения, можно изучить массив не только на наличие в нем геологических нарушений, но и с целью изменения напряженного состояния горного массива.

Разрешающая способность метода ВЭЗ ограничивается величиной  $1/3-1/6$  от  $AB_{\max}$ , что в условиях конкретных участков не превышает 40-50 м, т.к. протяженность штрехов ограничена размерами блоков и редко превышает 400 м.

ВЭЗ выполняется чаще всего симметричной четырех электродной установкой АВМN, где  $MN < (1/3)AB$ . Работы проводятся в следующей последовательности. В горной выработке, в избранном для зондирования месте на Расстоянии 0,5-1,0 м друг от друга заземляются два приемных электрода MN. Питающие и приемные линии разносятся по длине выработки.

Вдоль направления линии MN заземляются питающие электроды АВ. Расстояние между питающими электродами (разнос) последовательно увеличивается и для каждого разнеса рассчитывается  $\bar{\rho}$  по формуле (1). Геометрический коэффициент установок – K рассчитывается по формуле:

$$K = \pi \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN} \quad (2)$$

Электрическое профилирование – модификация вертикального электроразведания, при которой вдоль заданных направлений (профилей в горной выработке) измеряется эффективное сопротивление с помощью установок постоянного размера. При электропрофилеировании разнос питающих АВ и приемных MN линий остается постоянным, что позволяет изучать массив на одной глубине на протяжении определенного участка выработки.

Расчет эффективного сопротивления в методе ЭП производится по тем же зависимостям, что и при вертикальном электроразведании.

При выполнении работ по электрометрии большое значение имеет наличие четкого и постоянного контакта электродов с угольным массивом. От этого зависит достоверность и точность измерений, поскольку только при четком контакте электродов и угля можно обеспечить повторяемость результатов. Для этого оптимальным решением является бурение коротких шпуров (0,3-0,5 м) диамет-

ном 42 мм по углю на шаг переноски электродов, который устанавливается в зависимости от принятой схемы наблюдений.

Для обоснования возможности применения одного из указанных методов шахтной электроразведки в качестве метода контроля эффективности увлажнения краевой части угольного пласта были выполнены экспериментальные работы по пласту 14<sup>н</sup> «Девятка» в местном откаточном штреке горизонта 810 м. Горные работы были осложнены большим количеством геологических нарушений. Среди них следует выделить сброс с амплитудой 18 м, расположенный на расстоянии 54 м от квершлага, серию сбросов с амплитудой от 0,3 до 3,0 м на расстоянии 240-250 м от квершлага, а также фациальное замещение угольного пласта известняком, расположенное на большой площади: от 110 м до 220 м и распространяющегося по простатанию пласта.

Здесь было выполнено вертикальное электрозондирование по методике изложенной выше. Результаты представленные на рис. 1. Из представленных данных следует, что вследствие гидроувлажнения угольного пласта водными растворами ПАВ через скважины длиной 10-12 м пробуренные на 127, 132, 145 м происходит перераспределение удельного эффективного сопротивления угольного пласта на расстоянии до 50 м от контура штрека, что значительно превышает дальность влияния увлажняющей скважины, которая не превышает 1,5-2,0 кратной ее длины. Следовательно, наличие зоны пониженного горного давления в окрестности выработки приводит к изменению напряженного состояния угольного пласта и в примыкающих к ней участках. Изменение в уровнях распределения эффективного электросопротивления на участке пласта после его обработки водным раствором ПАВ позволяет сделать вывод о том, что даже в области где не было проникновение раствора ПАВ произошло изменение напряженного состояния горного массива.

Кроме того, высокоомная зона прослеживающаяся на рис. 1 а и б после отработки пласта на данном участке оказалась приуроченной к фациальному замещению угольного пласта известняком. Данное наблюдение позволяет уточнить зависимость глубины проникновения сигнала от разноса питающих электродов. Так высокоомная зона была зондирована при разносе питающих электродов АВ в 210 м. При обработке результатов использовался коэффициент проникновения равный 4. С учетом того, что по данным геологической службы замещение располагалась на 42 м по падению от откаточного штрека, то для условий пластов крутонаклонного падения Центрального района Донбасса мощностью около 1,0 м коэффициент проникновения составляет  $K=210/42=5$ .

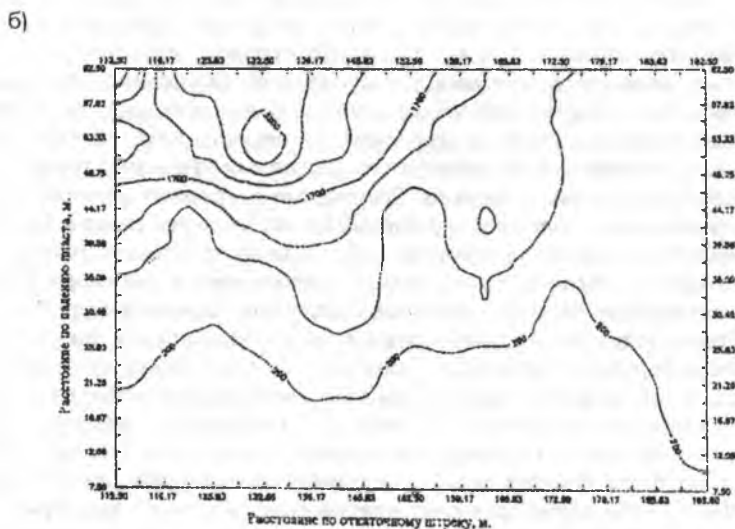
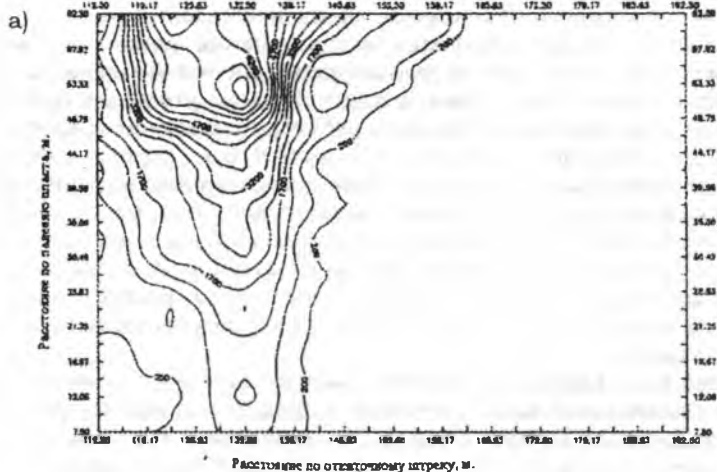


Рис. 1. Распределение эффективного электросопротивления на участке угольного пласта «Девятка» гор. 810 м, шахта «Торецкая» ПО «Дзержинскуголь»:

а) до обработки; б) после обработки.

Так как вертикальное электрозондирование является набором электропрофилирования с различной степенью проникновения то из результатов электрозондирования выберем профили с разным расстоянием электродов в 30 и 50 м, что соответствует глубине зондирования в 6 и 10 м. На рис. 2 представлены результаты обработки электропрофилирования до и после обработки участка пласта водными растворами ПАВ.

На рис. 2 а четко видна разница в эффективном сопротивлении на разном расстоянии от контура откаточного штрека, что свидетельствует о разном уровне напряженного состояния пласта. После обработки произошло выравнивание значений эффективного сопротивления (рис. 2 б), что свидетельствует также и о выравнивании уровня напряженного состояния и влажности пласта.

Приведенные результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о том, что для контроля эффективности обработки краевой части угольного пласта водными растворами ПАВ. Наиболее целесообразно применение методов электроразведки, а именно метод электропрофилирования с заданными размерами установки электродов, позволяющими определить значение эффективного сопротивления на фиксированном расстоянии от контура выработки.

Техническое выполнение методики заключается в следующем:

На участке где будет производиться увлажнение угольного пласта растворами ПАВ, выполняется электропрофилирование со следующими значениями установок: расстояние между приемными электродами MN - 1 м; расстояние между питающими электродами 5 м (что соответствует проникновению на глубину не менее 1 м от контура выработки).

Выполняется электропрофилирование со следующими установками: расстояние между приемными электродами MN - 1 м; расстояние между питающими электродами 18 м (что соответствует проникновению на глубину 3,5 м от контура выработки).

В обоих случаях шаг переноса установок электродов равен 5 м.

После обработки участка пласта водным раствором ПАВ через 5-6 суток проводятся повторные замеры в соответствии с пунктами 1-3.

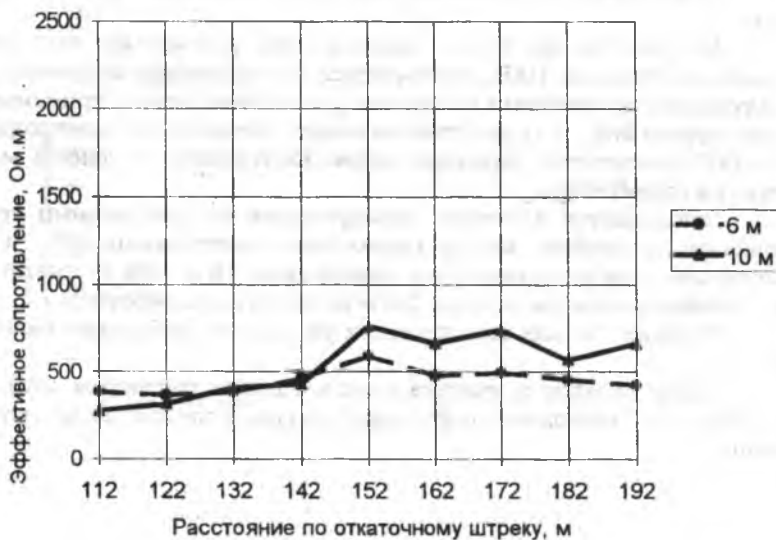
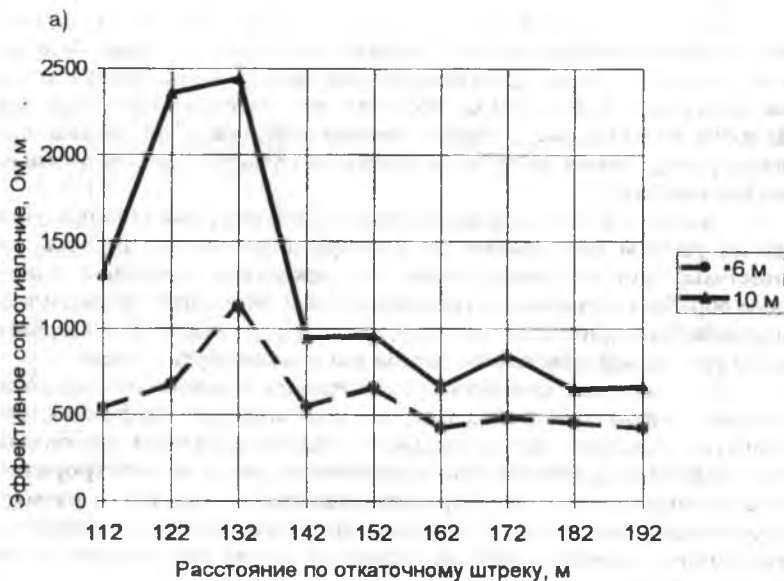


Рис. 2. Результаты электропрофилирования по пласту «Девятка» восточного откаточного штрека гор. 810 м:

а) до обработки;

б) после обработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Краев А.П. Основы геоэлектрики. - Л.: Недра, 1965.
- 2 Марморштейн Л.М., Петухов И.М. Исследование электропроводности, пористости и проницаемости горных пород в условиях близких к пластовым. Сб. физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры. - М.: Наука, 1968.
- 3 Борисенко А.А., Ковалев О.В. Определение зоны опорного давления электрическим методом // Технология добычи угля подземным способом. - М.: Недра, 1967.
- 4 Методические указания по оценке напряженного состояния угля и пород электрометрическим методом - Л.: ВНИМИ, 1974.
- 5 Марморштейн Л.М., Петухов И.М., Нерсисянц Б.Б. Изучение влияния состава и цементирующего вещества пористости на изменение электропроводности осадочных горных пород под давлением. // Труды совещания по физическим методам исследования осадочных пород и минералов. Изд. АН СССР, 1962.
- 6 Пархоменко Э.И. Электрические свойства горных пород. - М.: Наука, 1965.
- 7 Филиппков А.А., Дальнов А.С. Влияние горного давления на величину электрического сопротивления угля и пород вблизи горных выработок // Труды ВНИМИ, - сб. 72. - 1988.

УДК 622.281

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОДОЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

инж. Сажнев В.П., инж. Иванов И.Е., д.т.н. Назимко В.В. (Донецкий государственный технический университет)

Увеличение глубин разработки и ввод в эксплуатацию новых шихтопластов неизбежно сопряжены с рядом проблем зависящих от различных горнотехнических и горно-геологических факторов. Одной из наиболее актуальных задач является обеспечение устойчивости пластовых подготовительных выработок. Эти выработки служат основным связующим звеном между лавой и магистралями, поэтому ухудшение их состояния сразу отражается на работе всего угольного предприятия. При сложившейся экономической ситуации, шахты стремятся минимизировать расходы на обеспечение