Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXI, вып. 1, 1972 г.

ОБ ИЗМЕНЕНИИ СОСТОЯНИЯ ПОРОД В ЗОНЕ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

В. П. Боровков, И. П. Вайнриб, Е. А. Маркина

Нарушение сплошности массива, связанное с разработкой месторождений, сопровождается рядом физических процессов * Горные породы в зоне влияния выработок находятся в напряженно-деформационном состоянии, которое является сложной функцией строения массива и горнотехнических условий разработки месторождения.

Для правильного и безопасного ведения разработки необходимо знать состояние массива горных пород и предвидеть его поведение в тех или иных конкретных условиях. Изучение этого вопроса — дело первостепенной важности. Наряду с другими, все чаще применяется электрометрический метод, основанный на изучении изменения электрических свойств массива, вызванных изменениями его механического состояния. Исследования, проведенные ранее, показали, что электрометрический метод позволяет наблюдать изменение электрических свойств массива с изменением его упруго-пластичного состояния и зафиксировать упругую волну, проходящую по массиву при осадке основной кровли.

В 1969 г. лабораторией горного давления ЛГИ проводились наблюдения за поведением пород кровли в зоне опорного давления.

Место наблюдений — выемочный участок шахты им. Чапаева треста «Фрунзеуголь» комбината «Донбассантрацит». Исследования проводились методом электрического зондирования, так как этот метод позволяет проследить изменение электрического сопротивления массива от поверхности, на которой заземлены электроды, до любой наперед заданной глубины, величина которой определяет максимальные разносы питающих электродов. Зондирование проводилось симметричной установкой с максимальной величиной разноса питающих электродов AB, равной 50 *м*.

Условия наблюдения следующие: 1) угольный пласт имеет мощность 1,1 *м*, крепость угля 2; 2) непосредственная кровля представлена глинистыми сланцами, мощностью от 1 до 3 *м*, средней устойчивости, крепость 3—4; 3) основная кровля — песчаник мощностью от 30 до 32 *м*, крепость 7—9; 4) почва пласта — песчаный сланец мощностью 12 *м*, средней устойчивости; 5) боковые породы и уголь сильно обводнены; 6) управление кровлей — полным обрушением пород непосред-

* Борисов А. А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. Недра, 1964.

ственной и основной кровли с применением двухрядной органной крепи и стоек ГСТ-5 и ГС-3.

Заземление электродов осуществлялось в породу кровли в промежуточном штреке.

Чтобы определить точность применяемого метода и чувствительность аппаратуры, а также установить те максимальные расстояния от забоя, на которых изменение давления приводит к ощутимым изменениям электрических свойств, было создано пять измерительных пунктов, расположенных на разных расстояниях от забоя. К моменту начала наблюдений центры установок были расположены в 40, 90 и 200 *м* от забоя.

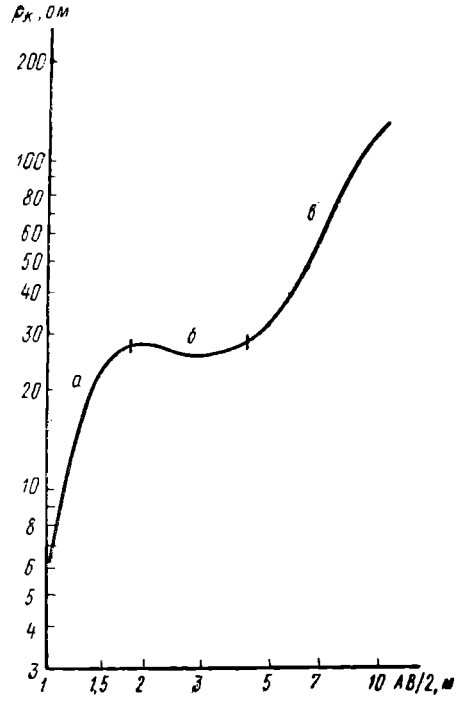


Рис. 1. Кривые кажущегося удельного сопротивления при электрическом зондировании

Наблюдения проводились с помощью автоматической станции для режимных исследований проявления горного давления *, велись непрерывно и охватывали период, включающий три момента обрушения основной кровли.

Часть полученных результатов (характерные кривые) представлена на рис. 1—3.

На рис. 1 кривая кажущегося удельного сопротивления $\rho_к$ при электрическом зондировании дает представление о геоэлектрическом строении исследуемого участка. Участок кривой *а* определяется преобладающим влиянием раздавленной и сильно обводненной краевой зоны; участок *б* — главным образом электрическими свойствами угольного пласта и пород непосредственной кровли в зоне опорного давления; участок *в* — преобладающим влиянием электрических свойств основной кровли, имеющей сравнительно высокое удельное сопротивление.

На рис. 2 представлено кажущееся удельное сопротивление для каждого из семи разносов *AB* в зависимости от времени *t* в периоды, охватывающие моменты обрушения основной кровли и несколько часов до и после него.

На рис. 3 представлена зависимость кажущегося удельного электрического сопротивления пород $\rho_к$ от расстояния между центром антенны и забоем за два часа до очередного обрушения (кривые *1—4*) и два часа спустя после обрушения (кривые *1′—4′*). Выбор этих моментов определялся тем, что динамика опорного давления содержит элемент периодичности, и можно предположить, что состояния горных

* Борисов А. А. и др. К вопросу об изучении напряженного состояния горных пород электрометрическими методами. Материалы семинара об изучении напряженного состояния горных пород. Изд. ИГД СО АН СССР, 1969.

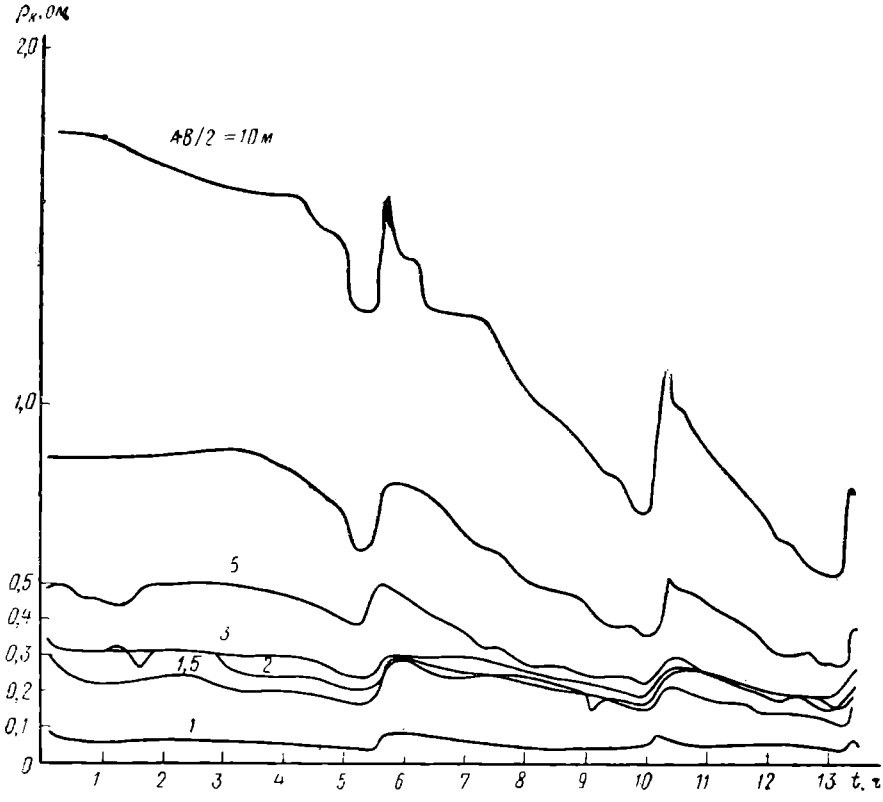


Рис. Изменение кажущегося удельного сопротивления с течением времени в первом пункте наблюдения

пород, предшествующие каждому обрушению (а также и сопровождающие его), до некоторой степени идентичны.

Из рис. 2 видно, что в начале измерений, когда замерный пункт находился на большом расстоянии от лавы, видимо, в зоне напряжений, близких к первоначальным, электрические свойства в исследуемом участке по мере подвигания лавы менялись мало. Однако примерно за 30 *ч* до обрушения на глубинах около 6 *м* начинается интенсивное уменьшение электрического сопротивления пород, сопровождающее увеличение давления. По мере приближения лавы к центру установки породы в районе наблюдения включаются в работу значительно интенсивнее. Ясно намечается тенденция к уменьшению элек-

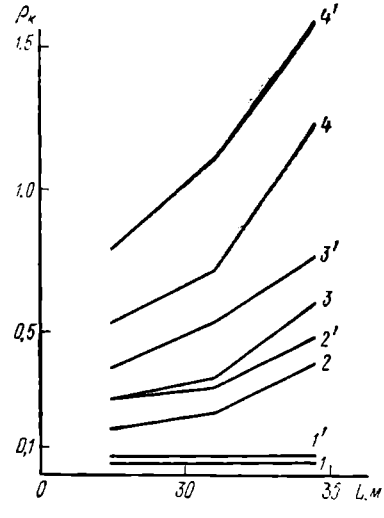


Рис. 3. Изменение кажущегося удельного сопротивления в зависимости от расстояния до забоя
Значение $AB/2$ для кривых *1—1'*; *2—2'*; *3—3'*; *4—4'* соответственно составляет 1; 5; 7 и 10 *м*

трического сопротивления пород на больших глубинах по мере приближения лавы. На глубинах 1—3 *м* от обнажения (непосредственная кровля) электрическое сопротивление пород по мере повторения обрушений стремится к одинаковым значениям и породы ведут себя идентично.

На больших глубинах электрическое сопротивление пород по мере повторения обрушений неуклонно уменьшается. Конечное значение кажущегося электрического сопротивления пород перед каждым последующим обрушением меньше, чем перед предыдущим, т. е. исследуемый участок попадает в поле действия все больших и больших давлений.

Увеличение сопротивления, связанное с каждым обрушением, очевидно, определяется упругой деформацией массива, вызванной ударной разгрузкой отдельных участков кровли при отделении очередной плиты основной кровли.

Увеличение электрического сопротивления определяется только упругими деформациями пород, так как связано с прохождением упругой волны. При этом сопротивление увеличивается до величины несколько меньшей, чем после предыдущего обрушения: за время, прошедшее от одного обрушения до другого, под влиянием опорного давления в породах происходит возрастание не только напряжений, но и необратимых пластических деформаций.

Аналогичный характер изменения $\rho_к$, хотя и менее интенсивного, показал и измерительный пункт, находящийся в 75 *м* от забоя, различие наблюдалось лишь в том, что абсолютные значения $\rho_к$ при этих расстояниях выше, так как эти участки массива находятся в зоне меньших напряжений.

Когда измерительный пункт находился в 88 *м* от забоя, ощутимые изменения $\rho_к$ регистрировались только на больших глубинах (5—10 *м*). На малых глубинах ($h < 5$ *м*) $\rho_к$ начало меняться на расстояниях около 80 *м*.

То, что даже на столь больших расстояниях от забоя ($L \approx 80$ *м*) отмечено изменение $\rho_к$ по мере подвигания лавы, свидетельствует о высокой чувствительности используемой аппаратуры и точности применяемого метода.

Таким образом, изменение механического состояния горных пород в зоне опорного давления приводит к существенным изменениям их электрических свойств, что может быть зафиксировано современной аппаратурой. Электрометрические измерения позволяют: следить за поведением горных пород в зоне опорного давления в принципе на любой глубине в массиве; наблюдать процесс включения участков массива горных пород в работу по мере подвигания лавы и четко зафиксировать момент отделения плит основной кровли от массива горных пород; установить расстояние от забоя (около 88 *м*), на котором ощущается влияние движения очистного забоя на изменение электрических свойств массива. Экспериментальные наблюдения, проведенные по реперам в вентиляционном и промежуточном штреках, показали, что максимум опорного давления проявляется на расстоянии 15—20 *м* от забоя при протяженности зоны примерно на 70—80 *м*. Осадке основной кровли предшествует довольно большой период интенсивного изменения электрического сопротивления пород, поэтому, очевидно, со временем можно будет по изменению электрических свойств пород в зоне опорного давления прогнозировать обрушения основной кровли. Поскольку в конкретных условиях величина опорного давле

ния находится в определенной связи с давлением, которое испытывает консоль основной кровли под влиянием веса вышележащих пород, очевидно, и те критические значения электрических сопротивлений, которые приобретает порода в зоне опорного давления перед обрушением, находятся в определенном соотношении с давлением на консоль, превышающем в критический момент ее несущую способность. Нужно изучить изменение электрических свойств пород перед обрушением и установить критические значения сопротивлений. Это можно сделать только в процессе длительных и тщательных наблюдений в конкретных условиях.