

## АППАРАТУРНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ПРИЛЕГАЮЩЕГО К ВЕРТИКАЛЬНЫМ СТВОЛАМ ШАХТ ПАО «МАРГАНЕЦКИЙ ГОК»

*Е.К. Бабец, В.И. Чепурной, С.И. Ляш, С.И. Корняшек, Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина*

Показано, что мобильный аппаратный геофизический метод ЕИЭМПЗ можно использовать для выявления и прослеживания отдельных пластов в осадочном чехле, выделения и трассирования крупных тектонических нарушений, нарушенных зон кристаллического массива и обводненных участков, как в осадочном чехле, так и в кристаллическом массиве, прилегающего к вертикальным шахтным стволам.

**Актуальность работы.** При строительстве и последующей долговременной эксплуатации вертикальных шахтных стволов горный массив, прилегающий к стволам, подвергается многочисленным изменчивым воздействиям.

Вследствие высокого содержания сульфатов аммония, щелочных элементов межпластовые воды водоносных горизонтов прилегающих к вертикальным шахтным стволам, являются сильным электролитом, в котором гидрогеологические процессы идут активно и носят явно выраженный электролитический характер. Под влиянием электролитических растворов горный массив вокруг вертикальных шахтных стволов подвергается структурным преобразованиям, что приводит к потере прочностных свойств массива, возможности возникновения аварийных ситуаций бетонной крепи стволов.

Структурные преобразования горного массива, прилегающего к вертикальным шахтным стволам, имеет сугубо индивидуальный характер, поэтому прогнозирование названных преобразований расчетным путем невозможно. Для определения реальной картины структурных преобразований горного массива необходимо иметь мобильный аппаратный геофизический метод исследования состояния горного массива, прилегающего к вертикальным шахтным стволам, в основе которых заложен геофизический метод регистрации параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ).

**Изложение основного материала и результаты.** Естественное импульсное электромагнитное поле Земли возникает в локальных естественных электрических полях, создаваемых природными электронными проводниками, фильтрационными, диффузионно-сорбционными и другими происходящими в породном массива процессами [1].

К локальным естественным электрическим полям относятся электрохимические, фильтрационные, диффузионные, термо-фильтрационные (меняющиеся во времени) и другие.

В природных условиях изменение физико-химической обстановки в объеме геологической среды, пересекаемой вертикальным шахтным стволом, непостоянство минералогического состава геологической среды, приводят к тому, что э.д.с. на границах различного минералогического состава оказывается непостоянным. Относительное изменение э.д.с. двойного слоя приводит к возникновению электрического поля.

Наличие относительных изменений э.д.с. двойного слоя на контакте электронно-проводящих минералов и растворов не является достаточным условием для существования естественного поля. Естественное поле может существовать длительное время лишь в том случае, когда продукты реакций механически выносятся из катодной или анодной области, уничтожаются дополнительными зарядами, либо другими природными реагентами.

Другим источником естественных электрических полей являются электрокинетические процессы, сопутствующие фильтрации подземных вод через поры горных пород. Возникающие при этом естественные электрические поля принято называть фильтрационными.

Процесс возникновения фильтрационных полей следующий. На контакте твердых тел и растворов происходит процесс адсорбции ионов, содержащихся в растворе, твердой фазой. Знак адсорбированных ионов определяется химической природой контактирующих фаз. В природных условиях адсорбированным обычно оказываются отрицательно заряженные ионы.

Процесс адсорбции нарушает первичное электрическое равновесие раствора, ибо в нем оказывается избыток ионов знака, противоположного адсорбированным. Взаимодействие адсорбированных и свободных ионов приводит к образованию на контакте двойного электрического слоя. Механическое перемещение жидкости обуславливает перемещение диффузно распределенных зарядов, что эквивалентно электрическому току.

Изменения в естественных электрических полях создают импульсное электромагнитное поле, которое характеризуется частотой следования импульсов и их амплитудой. В зависимости от преобладающего процесса, создающего естественное электрическое поле, изменяется средняя частота следования импульсов, а от интенсивности процесса - амплитуда сигналов [2].

Исследования импульсного электромагнитного поля основано на использовании скин-эффекта (возрастание поглощения электромагнитной энергии с глубиной в проводящей среде при увеличении частоты возбужденного в нем поля). Это позволяет использовать метод ЕИЭМПЗ для выявления и прослеживания отдельных пластов в осадочном чехле, выделения и трассирования крупных тектонических нарушений, нарушенных зон кристаллического массива и обводненных участков, как в осадочном чехле, так и в кристаллическом массиве прилегающего к вертикальным шахтным стволам [3].

Для регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли можно применять измерительную установку с 4 активными антеннами, две из которых расположены взаимно перпендикулярно в горизонтальной плоскости, а две другие соосно в вертикальной плоскости.

Ориентацию антенн следует выбирать на основании общих геологических данных об исследуемом горном массиве, который прилегает к вертикальному шахтному стволу.

Исследования методом ЕИЭМПЗ необходимо производить по измерительным вертикальным стволовым профилям.

Вариации параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли следует регистрировать с помощью микропроцессорных регистраторов МИЭМП-4/1 и МИЭМП-4/4.

Регистраторы МИЭМП-4/1 и МИЭМП-4/4 позволяют определить количество импульсов ЕИЭМПЗ за время измерения в пределах  $\pm 10\%$ , находить процентное соотношение суммарной длительности сигнала, превысившего динамический диапазон, к времени измерения ("процент зашкала") с относительной погрешностью  $\pm 10\%$ . Регистраторы обеспечивают настройку следующих параметров измерения:

- частота дискретизации;
- длительность измерения;
- включение/выключение режекторного фильтра 50 Гц;
- включение/выключение фильтра низкой частоты 50 Гц;
- коэффициент усиления;
- порога дискриминации.

Результаты измерений записывают на энергонезависимую флеш-карту в стандарте MMC для дальнейшей обработки. Одновременно регистрируются сигналы 4 измерительных каналов (сигналы с антенн).

При наблюдениях чувствительность регистрирующих каналов подбирают таким образом, чтобы средняя амплитуда вариаций соответствовала не более чем половине динамического диапазона регистратора. Длительность измерения устанавливается в зависимости от необходимой глубины исследования.

Включение фильтров и порога дискриминации определяется мешающими факторами (прохождение измерительного профиля около силовых установок).

Для обработки данных измерения методом ЕИЭМПЗ необходимо вставить в персональный компьютер флеш-карту памяти с записанными на ней данными. С помощью программы «Геоимпульс» производится обработка данных. Программа «Геоимпульс» позволяет экспортировать измерения в текстовом формате для обработки и анализа с помощью стандартных программ (MS Excel, MathCAD и т.д.) следующие данные:

- «Текстовые файлы» - создает файлы данных для всех точек измерения, входящих в данный профиль;
- «Зависимость величины от номера измерения» - создает файлы всех параметров с разделением по частотам для всех точек измерений, входящих в данный профиль;
- «Зависимость величины от порога дискриминации», в котором создает файлы всех параметров с разделением по частотам для всех точек измерения, входящих в данный профиль.

Основным графическим материалом, представленным в результате геофизических работ, являются схемы эквипотенциальных линий и графики величин.

Для построения схемы эквипотенциальных линий на вертикальный разрез горного массива прилегающего к вертикальному шахтному стволу наносят точки наблюдения и выписывают около них полученные значения параметров ЕИЭМПЗ. В полученном таким образом поле чисел проводят эквипотенциальные линии. Сечение эквипотенциальных линий зависит от интенсивности наблюдаемого поля. Для удобства совместного анализа результатов съемки по системе профилей составляют карту графиков. С этой целью на вертикальные разрезы горного массива прилегающего к вертикальному шахтному стволу наносят профили, вдоль которых велась съемка, и по каждому профилю строят графики параметров ЕИЭМПЗ.

Интерпретация результатов геофизических работ носит различный характер для общих и детальных работ. Геологическая интерпретация материалов, полученных в результате общих съемок, проводится с целью выделения зон и участков с аномальным поведением поля и предварительной геологической оценки аномалий.

Аномальные зоны выделяются в результате анализа карт графиков измеренных компонент поля. Реальной считается аномалия, интенсивность которой больше трехкратной величины средней квадратичной погрешности съемки (для амплитуд и количества импульсов).

Аномальные зоны меньшей интенсивности заслуживают внимания лишь в том случае, когда они подтверждаются повторными съемками.

Форма и природа связей между геофизическими аномалиями и геологическими объектами имеет неоднозначный и вероятностный характер. Многообразие связей, нередко специфических для каждого вертикального шахтного ствола не позволяет использовать в геофизике универсальные зависимости типа законов. Богатый опыт интерпретации дает возможность сформулировать несколько наиболее вероятных зависимостей, постулатов, которые можно применять при геологическом истолковании результатов геофизических исследований.

1. Участки со своеобразной геофизической характеристикой отличаются специфическим геологическим строением. Каждая достоверная геофизическая аномалия должна найти геологическое объяснение. Из этого следует, что все геофизические аномалии и их зоны должны учитываться при геологических построениях и находят отражение на структурно-тектонических, геологических и других разрезах и схемах.

2. Между одноименными геологическими объектами (складки, интрузии и т.д.), особенно при их расположении в различных регионах, и отображающими их геофизическими аномалиями отсутствуют постоянные стандартные соотношения.

3. Отображение в геофизических полях тем контрастнее, интенсивность аномального эффекта тем выше, чем больше отличия геологического объекта по физическим свойствам.

4. Форма и простираемость геофизических аномалий тесно связаны и отображают форму и простираемость геологических структур.

5. Единичная цепочка аномалий отображает разлом, а чередование линейно-вытянутых

полос максимумов и минимумов характеризует линейную складчатую (блоковую) структуру.

НИГРИ ГВУЗ «КНУ» на шахтах 9-10 и 3-5 ПАО «Марганецкий ГОК» провел предварительные работы по геофизическим исследованиям состояния горного массива, прилегающего к вертикальным шахтным стволам, методом ЕИЭМПЗ.

При исследовании регистрация параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли производилась на крыше клетки. Одна из горизонтальных антенн была направлена на стенку ствола, вторая перпендикулярно первой. Вертикальная антенна устанавливалась параллельно оси ствола. Измерения проводились в дискретном режиме, т.е. клетка останавливалась на определенном ярусе и проводились измерения.

Предварительный опыт использования метода ЕИЭМПЗ в условиях вертикальных стволов шахт ПАО «Марганецкий ГОК» показал, что наиболее рациональным при обработке результатов исследований является разделение на следующие частотные диапазоны: 0-1кГц, 1-2кГц, 2-7кГц, 7-50кГц.

В диапазоне 0-1кГц выявляют разломы и пустоты, в диапазоне 1-2 кГц зоны повышенной трещиноватости, в диапазоне 2-7кГц фиксируется наличие деформационных явлений в горном массиве, диапазон 7-50кГц описывает фильтрационные процессы.

По результатам обследования методом ЕИЭМПЗ горного массива прилегающего к вертикальному стволу «Вспомогательный» шахты 9-10 установлено:

- в горном массиве в пределах от 0 до 5 яруса, от 8 до 9 яруса и от 18 до горизонта происходит структурные преобразования;

- горные породы имеют повышенную влажность на расстоянии 15 - 20м от крепи ствола.

Прилегающий к стволу горный массив насыщался силикатным раствором для уменьшения притока воды в ствол. В настоящее время приток в ствол уменьшился. Влажность горных пород в радиусе 15-20 м вокруг ствола уменьшилась. Учитывая, что до 5 яруса преобладают глины (глина темно – серая с включением гипса мощностью 3,1м и глина красно-бурая с включением гипса мощностью 10м), которые при уменьшении влажности уменьшают объем и увеличивают плотность, можно предположить возможность появления усадки в прилегающем к стволу горном массиве.

Участок возле ствола забетонирован. Поэтому усадка массива проявится в виде пустот под бетоном.

Усадка может содействовать суффозии в суглинках.

Для 8-9 ярусов, где имеется песок глинистый, очевидно имеет место часто процесс перемещения частиц. Толщина водных пленок вокруг частиц уменьшается, а молекулярное сцепление возрастает. Частицы песка перемещаются и укладываются более плотно. Уплотнение прекратится, когда будет достигнуто равновесие между сжимающими силами и сопротивлением деформации.

На 13 ярусе литологический контакт двух видов глин, возможно, происходит изменение контакта.

С 17 по 19 ярус имеет место структурные преобразования аналогичные 1-5 ярусам, с коррекцией на фильтрацию воды на горизонт через крепь, которая выщелачивает бетон крепи и уменьшает его прочность.

Прилегающий массив характеризуется наличием нескольких водоносных горизонтов;

1-2 ярус – верховодка (максимальное расстояние до насыщенного слоя 15 м);

4, 6-11, 14-17, 19 – водоносные горизонты (максимальное расстояние до насыщенного слоя 20 м).

### **Выводы**

1. Вследствие содержания сульфатов аммония, щелочных элементов межпластовые воды водоносных горизонтов прилегающих к вертикальным шахтным стволам, являются сильным электролитом, в котором гидрогеологические процессы идут активно и носят явно выраженный электролитический характер. Под влиянием электролитических растворов горный массив вокруг вертикальных шахтных стволов подвергается структурным

преобразованиям, что приводит к потере прочностных свойств массива, возможности возникновения аварийных ситуаций бетонной крепи стволов.

2. Структурные преобразования горного массива, прилегающего к вертикальным шахтным стволам, имеет сугубо индивидуальный характер, поэтому прогнозирование названных преобразований расчетным путем невозможно. Для определения реальной картины структурных преобразований горного массива необходимо иметь бесконтактный аппаратный геофизический метод исследования состояния горного массива, прилегающего к вертикальным шахтным стволам, основе которого можно поставить геофизический метод регистрации параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ).

3. Естественное импульсное электромагнитное поле Земли возникает в локальных естественных электрических полях, создаваемых природными электронными проводниками, фильтрационными, диффузионно сорбционными и другими происходящими в породном массива процессах.

4. Предварительные исследования проведенные на шахтах ОАО «Марганецкий ГОК» показали, что метод ЕИЭМПЗ можно использовать для определения реального состояния горного массива прилегающего к вертикальным шахтным стволам.

#### Список литературы

1. Frid V., Rabinovitch A. and Bahat D. Fracture induced electromagnetic radiation /Journal of Physics D: Applied Physics J. Phys. D: Appl. Phys 36 (2003), 1620-1628.

2. Белых И.С., Довбнич М.М., Кузина Г.П. и др. Результаты применения метода наблюдения естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для анализа состояния грунтового массива в сфере взаимодействия с подземными сооружениями / Научный вiсник НГУ. - 2004. - №9.

3. Бахова Н.И. Явления электризации горных пород при механическом нагружении / Геофизический журнал. - 2006. - № 4. - С. 121-126.