

УДК 550.83: 622.33

М.Д. Молев

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сформирован универсальный комплекс подземных геофизических методов прогнозирования горно-геологических условий в результате аналитических и опытно-экспериментальных работ

Ключевые слова: подземные геофизические исследования, горные породы, выемка угля, геологическая природа аномалий

Семинар № 2

Применение подземных геофизических исследований в виде отдельных методов часто не дает адекватного отображения изучаемых объектов или процессов. Сложность решаемых проблем и некорректность геологической интерпретации геофизических материалов обуславливает необходимость дальнейшего развития подземной геофизики на качественно новом уровне, каким являются исследования с применением нескольких геофизических методов, подобранных в оптимальном сочетании. Посредством комплексирования методов, имеющих в основе различные физические принципы, удается уменьшить степень неоднозначности решения обратной задачи.

В результате аналитических и опытно-экспериментальных работ автором сформирован универсальный комплекс подземных геофизических методов прогнозирования горно-геологических условий. Комплекс включает: геоэлектрическое просвечивание, симметричное электропрофилирование, сейсмоакустический метод, акустическая резонансная дефектоскопия, радиоволновое просвечивание.

Исследования, выполняемые методами, входящими в комплекс, охваты-

вают всю область массива горных пород, которая активно влияет на формирование условий очистной выемки угля. Таким образом, посредством разработанного комплекса можно реально получить прогноз строения углевмещающего массива в трехмерном измерении.

Комплексная интерпретация результатов подземных геофизических исследований является неотъемлемой частью универсального комплекса прогнозирования горно-геологических условий. Она выполняется с целью достижения однозначности решения указанной задачи. Ее применение основано на том, что информация, полученная при совместном анализе массива всех геофизических материалов в целом, всегда больше по объему и по качеству информации, извлеченной из тех же результатов шахтных измерений, но проанализированных отдельно.

Комплексная интерпретация является своего рода системой исследований, под которой автор понимает сочетание взаимосвязанных способов обработки и интерпретации геофизических данных, позволяющих практически однозначно определить геологическую природу аномалий.

При комплексной интерпретации необходимо использовать два подхода – от особенностей физических полей и от геологических данных. В процессе исследований целесообразно учитывать присущие подобным системам прямые и обратные системообразующие связи. Прямые связи предполагают выполнение интерпретации в направлении перехода от частных представлений к интегральным, то есть ведут процесс по пути последовательного приближения к решению поставленной задачи. Комплекс обратных связей направлен на обеспечение функционирования интерпретационной системы как целостного образования. При этом оценивается возможность возврата к предыдущему этапу анализа с целью распознавания образа неоднородности на более ранних стадиях интерпретации. Таким образом, прямые и обратные связи обеспечивают самоорганизацию и саморегуляцию комплексной интерпретации. Как и в случае простой методной интерпретации, комплексный процесс имеет две составные части: качественную и количественную, цель которых состоит соответственно в геологическом толковании геофизических материалов и получении сведений о параметрах нарушений.

Комплексная интерпретация выполняется посредством аналитических и вероятностно-статистических методов. В процессе интерпретации используются физико-геологические модели, которые являются основой решения обратной задачи, позволяющей судить его неопределенность.

Автором разработан так называемый нормальный ряд комплексных интерпретационных моделей, аккумулирующих признаки неоднородностей, которые отображены в двух физических полях: электрическом и сейсмическом.

Используя интегрированный системный анализ в качестве инструмента

интерпретации, осуществляется распознавание образов неоднородностей по специальным алгоритмам, основным содержанием которых является разделение геологических нарушений на классы по эталонам – интерпретационным моделям [1, 2].

На поисковом этапе производится разделение на два класса: наличие нарушений и их отсутствие. При картировании аномальных зон выделяется четыре-шесть классов в соответствии с количеством типов нарушений.

В связи с тем, что не все оценки и интерпретационные критерии могут быть formalизованы, автор считает основной диалоговую форму интерпретации с участием оператора. Использование диалога "человек-компьютер" позволяет интерпретатору контролировать процесс обработки данных и оптимизировать ее ход.

Комплексная интерпретация результатов подземных геофизических измерений, представляющая собой сложное исследование, включает три этапа, которые в свою очередь состоят из ряда подэтапов и отдельных операций, имеющих тесную взаимосвязь и выполняемых в определенном порядке.

На первом, подготовительном, этапе производится сбор, систематизация и анализ геолого-геофизической информации. Комплект материалов должен включать: каротажные диаграммы, геологические разрезы по скважинам и горным выработкам, планы горных работ с информацией о геологических нарушениях, сведения о вероятных типах геологических нарушений, их отображениях в физических полях, графики нормального распределения физических полей. Главная задача указанного этапа интерпретации – разработать прогнозный геолого-геофизический разрез и физико-геологическую модель неоднородностей углевмещающего массива.

Прогнозные модели массива и геологических нарушений направляют процесс комплексной интерпретации на исследование характерных особенностей горного массива, определяющих его строение и состояние. Обязательным элементом модели должны быть графики с эталонным распределением физических полей по горным выработкам и полей от техногенных факторов.

В рамках подготовительного этапа выполняется анализ шахтных материалов на их полноту и качество: соответствие фактических объемов измерений рекомендуемым объемам по инструкции, отклонения от методики съемки и т.п. При систематизации материалов оценивается также объем и состав процедур предварительной обработки на устройствах, входящих в состав подземной регистрирующей аппаратуры.

Собственно процесс интерпретации начинается на так называемом методном этапе, содержанием которого является интерпретация результатов исследований отдельными геофизическими методами и совместный анализ методных материалов. Методная интерпретация включает следующие операции: выделение аномалий и количественную оценку параметров, которая состоит в определении параметров нарушений по характеристикам выделенных аномалий с использованием различных методов и способов.

Автором разработана методика интерпретации данных электропросвещивания, состоящая в следующем: а) выделении аномалий на экспериментальных графиках разности потенциалов ΔU путем их сравнения с эталонными (теоретическими) кривыми; б) оценке выделенных аномалий посредством сравнения с моделями аномалий, характеризующими типы нарушений; в) количественная интерпретация параметров аномалий по статистическим критериям с целью определения геометрических характеристик нарушений [3, 4].

Интерпретационный комплекс содержит следующие критерии:

а) экспресс-критерий протяженности P по величине аномалии ΔU в точке подсечения нарушения горной выработкой;

б) критерий определения величины относительной амплитуды A :

$A > 1$ при $\eta > 50\%$,

$A < 1$ при $\eta > 50\%$;

в) критерий оценки амплитуды по коэффициенту расхождений $\Delta U_{\text{Макс}}$ ветвей экспериментальных графиков;

г) критерий определения глубины залегания нарушения Z от профиля наблюдений $Z/P < 1$ при $\eta > 10\%$;

д) критерий оценки азимута простирации нарушения A по типу аномалии на графиках веерного электропросвещивания;

е) комплексный критерий оценки параметров

$$K_{\text{комп}} = 70\text{th}(AP/Z) - 28(Z/AP)^2.$$

Завершающей стадией второго этапа интерпретации является комплексный анализ и синтез методных материалов. В процессе совокупного анализа осуществляется сравнение и группирование аномалий, полученных геоэлектрическим, сейсмоакустическим и спектральным методами. Указанные операции позволяют выделить достоверные признаки и соответствующие им параметры объектов по нескольким методам. В результате с высокой вероятностью устанавливается геологическая приуроченность аномалий.

На основании методной интерпретации строится прогноз, который при относительно простом строении углеродного массива может иметь высокую степень надежности. В большинстве ситуаций прогноз высокой степени надежности (90 - 95%) разрабатывается при условии выполнения третьего этапа интерпретации.

Специальный или комплексный этап интерпретации включает оценку нару-

шенности на основе применения совокупных параметров и распознавания образов [5]. Реализация первого направления предполагает использование аномальных параметров, выявленных одним из методов, для интерпретации данных других методов. Посредством этой процедуры расшифровываются спектральным методом аномальные зоны, выделенные по результатам электропросвечивания.

Распознавание образов осуществляется на основе алгоритмов, предполагающих наличие эталонного объекта, и на принципах самообучения. В первом случае интерпретация заключается в сопоставлении комплекса признаков, характеризующих реальный объект, с совокупностью признаков эталона. Автор считает целесообразным использовать следующие приемы решения задачи: а) логический, основанный на принципах аналогий; б) способ регрессионного анализа, в основе которого лежат зависимости между искомым признаком объекта и параметром физического поля.

Классификация геологических нарушений на принципах самообучения состоит в том, что число классов и статистические характеристики признаков получают в процессе обработки. Автор

считает возможным осуществлять классификацию в рамках самообучения так называемым эвристическим способом, основанным на использовании независимых признаков. Обработка в этом случае сводится к выполнению трех процедур: а) выделению аномалий по каждому признаку; б) построению гистограмм для каждого из выделенных участков; в) определению индекса класса. В результате устанавливаются границы областей по каждому из признаков, разбиваются объекты наблюдений на классы, затем массив разделяется на участки, охарактеризованные индексами. Представляется более предпочтительным использовать способ распознавания образов при наличии эталонных объектов как самый разработанный и доступный для широкого практического использования.

В итоговый комплексный анализ материалов включаются результаты всех выполненных операций второго и третьего этапов интерпретации и составляется прогноз нарушенности.

После совместной геолого-геофизической интерпретации результатов производится технологическое истолкование, которое заключается в установлении уровня технологической опасности геофизических аномалий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. – М.: Недра, 1990.
2. Кузнецов О.Л., Никитин А.А. Геоинформатика. - М.: Недра, 1992.
3. Молев М.Д. Комплексные геофизические исследования строения углевмещающего массива на стадии эксплуатации шахт Восточного Донбасса // Горная геофизика - 98: Сб. тр. / ВНИМИ. - СПб., 1998.
4. Молев М.Д. Шахтная геофизика в системе технологической подготовки выемочных полей к отработке // Состояние и перспективы развития технологии очистной выемки угля на шахтах Восточного Донбасса: Сб. науч. тр. / ЮРО АГН. - Шахты, 1998.
5. Кузнецов О.Л., Никитин А.А. Принципы и методы интегрированного системного анализа геоинформации // Разведка и охрана недр. – 1991.- №2. ГИАБ

Коротко об авторе

Молев М.Д. – доктор технических наук, профессор; декан факультета Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса, ngtv@novoch.ru