

Результаты исследований по созданию методического и интерпретационного обеспечения электрометрии при решении экологических и горнопромышленных задач

В настоящей публикации рассматриваются результаты исследований лаборатории наземной и подземной электрометрии Горного института УрО РАН за 2001 год, являющиеся естественным продолжением научных работ, проводимых в предшествующий период [3]. Одним из итогов этих работ являлся комплекс взаимодополняющих методов, обеспечивающий возможность получения физико-геологической информации о заданной части разреза в пределах солевых и прилегающих к ним над- и подсолевых отложений применительно к условиям ВКМКС.

На данном этапе основные усилия были направлены на совершенствование и отладку технологии полевых наблюдений и способов интерпретации получаемых материалов для ряда методов из отмеченного выше комплекса, нацеленного на обеспечение безопасности ведения шахтных работ, а также для решения задач наземной электрометрии - инженерно-геологических, поисковых и экологических. Остановимся на основных результатах выполненных исследований.

1. Одна из задач была связана с отладкой и совершенствованием методического и интерпретационного обеспечения площадных электроразведочных работ методом электрического зондирования с учетом возможности его применения в условиях урбанизированных территорий. Работы включали создание версии программ ЗОНД для операционной системы WINDOWS, значительно расширяющей технические и сервисные возможности интерпретации, особенно при обработке больших объемов данных, а также проведение математического и физического моделирования с целью оценки влияния техногенных объектов на результаты полевых наблюдений. В процессе создания новой версии программ в целях повышения устойчивости и достоверности результатов частично реализован ряд вспомогательных принципов интерпретации: 1) интегральный принцип, основанный на согласованной интерпретации совокупности зондирований, 2) принцип учета информационных возможностей метода при формировании интерпретационных моделей; 3) принцип разделения физического и геологического этапов истолкования; 4) принцип понижения модельной размерности, одним из элементов которого является выбор наиболее простых моделей в рамках модельной эквивалентности, отвечающих регулярной части поля и геологическим представлениям о разрезе; 6) статистический принцип оценки и принятия решений; 5) принцип эквивалентности, учитывающий функциональную связь параметров слоев.

Для оценки влияния на результаты зондирования техногенных объектов были продолжены работы по численному моделированию. С помощью разработанного ранее аналитического способа [4] была выполнена количественная оценка влияния вертикального проводящего объекта на результаты электрораз-

ведочных наблюдений при различных удалениях его от профиля наблюдений и соотношений параметров модели и измерительной установки. Установлено, что при удалении профиля наблюдений от скважины на расстояние более девяти метров максимальное отклонение кажущихся сопротивлений от фоновых значений не превышает 5.5 %, при величине диаметра скважины до 0.3 м и относительной ее электропроводности до 10^5 . Экспериментальные площадные наблюдения, специально выполненные вблизи одной из скважин, показали согласованность результатов полевых наблюдений с расчетными данными.

Апробация выполненных методических и научных работ осуществлялась в процессе проведения опытно-методических и производственных работ при решении экологических задач на Осинском и Краснокамском нефтяных месторождениях. В результате выполненных работ были получены геоэлектрические модели исследуемых территорий, послыйный анализ которых позволил оконтурить в плане и по глубине аномальные участки, связанные с хлоридным загрязнением подземных вод, определить области активного водообмена, выявить техногенные объекты, являющиеся источниками загрязнения.

2. Другой задачей данного этапа являлось проведение опытно-методических наземных и подземных электроразведочных работ методом становления поля в ближней зоне (ЗСБ) с целью отладки методик наблюдения и интерпретации получаемых материалов при изучении строения и физического состояния надсолевых отложений и покровных солей. В качестве исследуемого выбран участок расположенный на юго-западной окраине г. Березники, вблизи п. Н.Зырянка (район 8-10 восточных панелей БКРУ-1).

Полевые наблюдения выполнены с помощью аппаратно-программного комплекса TEM-FAST48, предоставленного сотрудниками геофизической лаборатории института космических исследований (ИКИ, г. Москва). Для обработки и качественной интерпретации получаемых материалов была использована также система "Зонд", разработанная в Горном институте УрО РАН.

Технология зондирования методом становления поля включала: 1) опытные наблюдения с целью выбора оптимальных параметров измерительной установки: размеров антенны (петли), времени регистрации, количества накопленных измеряемых импульсов поля, обеспечивающих наибольшую глубинность исследования при заданном уровне соотношения сигнал/помеха и 2) площадную съемку методом ЗСБ.

При выборе оптимальных значений управляющих параметрах и размеров установки были опробованы следующие варианты: а) размер одновитковой петли 100x100 м·м, 160x160 м·м и 200x200 м·м; б) максимальное время регистрации переходных характеристик - 4000, 8000 и 16000 мкс; в) число накоплений сигнала - 4, 5, 6, 7.

По результатам опытных работ в качестве наиболее оптимального выбран однопетлевой вариант измерительной установки с размерами антенны 160*160 м*м. Максимальное время регистрации процесса становления поля составляло 16 мс. Для оценки "зашумленности" регистрируемого сигнала и повышения достоверности получаемой информации в каждой точке зондирования

выполнялось пяти-семикратное зондирование. Величина токового импульса составляла 1А. Технологии раскладки и перемещения антенны при площадной съемке осуществлялась по методике «сторона к стороне».

В результате интерпретации электроразведочных материалов выполнено послойное расчленение толщи надсолевых отложений в интервале глубин от земной поверхности до верхней части покровных каменных солей (включительно), получены карты разрезы и объемные представления, отображающие изменение электрических свойств пород в интервале глубин выделенных геoeлектрических горизонтов.. Комплексный анализ полученных материалов шахтных и наземных зондирований позволил выделить ряд аномальных зон повышенной проводимости в интервале глубин залегания покровных каменных солей, уточнить структурные построения геологических границ, проследить особенности проявления в наблюдаемом поле эффектов, связанных с частотной дисперсией свойств среды (проводимости и магнитной проницаемости). Показано, что изучаемое электромагнитное поле более чувствительно к проводящим объектам (водонасыщенным минерализованными водами породам) по сравнению с методами на постоянном токе.

Важную роль при геологическом истолковании материалов ЗСБ играет учет возможного влияния на результаты измерений двух физических эффектов, связанных с дисперсией электромагнитных свойств горных пород: суперпарамагнитного эффекта (SPM эффекта) и эффекта индукционно вызванной поляризации (IP эффекта). В зависимости от решаемых задач оба эффекта могут рассматриваться и как «вредные» (помеха), и как «полезные», несущие дополнительную информацию об исследуемой среде.

Идентификации данных эффектов осуществлялась как с помощью контроля, заложенный в аппаратурно-программный комплекс ТЕМ, так и путем использования ряда критериев, выявленных в результате численного моделирования и экспериментальных работ [1,2]. В частности, характерными признаками наличия SPM эффекта являются - смещение по вертикали графиков зондирования, полученных при разных размерах петли и практически независимый от времени характер поведения функции $(E(t)/I) \cdot t$ на поздних временах становления поля. Одним из признаков проявления эффекта IP, являются заметные нарушения плавности поведения наблюдаемых графиков зондирования, проявляющихся в смене знака регистрируемого сигнала, наличии участков резких его изменений и т.п. Наиболее значительные проявления IP эффекта были зафиксированы при подземных наблюдениях.

Поскольку причиной SPM эффекта является повышенная магнитная восприимчивость среды, то наиболее вероятно, что природа его в данном случае имеет техногенный характер. Об этом свидетельствует и соответствие в плане области повышенных значений SPM с действующими участками горных работ, расположенными на вышележащем горизонте. Второй из отмеченных эффектов (IP эффект) проявился на отдельных графиках как наземного, так и подземного зондирований. Выявлена взаимосвязь площадного расположения зон повышенных значений IP. Физическая природа и особенности проявления IP в электро-

магнитных полях интенсивно изучаются в последние годы многими исследователями. Экспериментально установлено, в частности, что наличие его является одним из диагностических признаков наличия залежей углеводородов. Это может представлять интерес при проведении таких исследований на территории ВКМКС, являющейся перспективной на поиски нефти.

4. В области шахтной электротометрии исследования были связаны с оценкой возможностей межштрекового электрического просвечивания при выявлении областей потенциально опасных по скоплению газа во внутрицеликовом пространстве. С этой целью были проведены опытные работы на карналитовом блоке, расположенном в районе 5-й восточной панели СКРУ-1.

Методика работ предусматривала проведение наблюдений по двум параллельным профилям, проходящим с двух сторон от исследуемого массива пород. Было выполнено три варианта просвечивания: а) источники - в камере 40, приемники – в камере 54 (индуктивный способ измерений); б) источники - в камере 54, приемники – в камере 40 (индуктивный способ измерений); в) источники - в камере 54, приемники – в камере 40 (гальванический способ измерений). Измерения вдоль штрека осуществлялись многократно по числу изменений положения источника. Регистрировались компоненты поля (разности потенциала) по трем ортогональным направлениям: X - вдоль оси штрека; Y – в горизонтальной плоскости перпендикулярно штреку и Z – вертикально плоскости XOY. Шаг перемещения источника составлял 20 м, приемной линии – 10 м.

Предварительная интерпретация материалов с использованием элементов томографии позволила выделить ряд областей относительно повышенного сопротивления в изучаемом массиве пород. Наиболее значительная из них (с сопротивлением порядка 100–130 кОм·м), которую можно считать потенциально опасной по скоплению газа, выделена в северо-восточной части просвечиваемого массива. Вместе с тем в южной части массива прослежена область относительно пониженного сопротивления (порядка 10-30 кОм·м), природа которой в данных условиях может быть объяснена наличием трещиноватости пород. В настоящее время разрабатывается количественный способ интерпретации, реализующий метод подбора с использованием разработанной ранее программы расчета поля для трехслойных моделей сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков П.О., Файнберг Э. Доклады АН, Геофизика т.353, 1997, №6, с.811-814.
2. Каменецкий Ф. Электромагнитные геофизические исследования. М., ГЕОС, 1997.
3. Колесников В.П. Разработка методов повышения эффективности электротометрии применительно к условиям Верхнекамского месторождения солей. Материалы научной сессии Горного института УрО РАН. Пермь, 2001.
4. Кутин В.А., Колесников В.П. Развитие аналитических методов трехмерной электротометрии. Материалы научной сессии Горного института УрО РАН. Пермь, 2000.