

Метод естественного электрического поля

Общие сведения

В литосфере существуют многообразные естественные электрические поля, различающиеся по своей природе, характеру и масштабам проявления. Среди них особое место занимают электрохимические поля природных электронных проводников, называемых также полями окислительно-восстановительной или рудной природы. На изучении полей этого типа основан один из методов электроразведки – метод естественного электрического поля (метод ЕП), который используется для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых и картирования некоторых типов пород.

Физические основы

Механизм формирования естественных электрических полей над рудными залежами может быть представлен следующим образом. Любой электронный проводник, помещенный в ионную среду, характеризуется скачком потенциала на границе тела, который называют *электродным потенциалом*.

Если электронный проводник и ионная среда имеют постоянный состав вдоль их границы контакта, то электронный проводник будет представлять собой эквипотенциальную поверхность, скачок потенциала на границе будет постоянным и внешний электрический ток не возникнет. Изменение состава одной из контактирующих сред или физических условий в пределах контакта влечет за собой изменение скачка потенциала. Различие в значении скачка потенциала в разных частях границы рудного тела является непосредственной причиной образования электродвижущей силы (ЭДС) и электрического поля вокруг этого тела. Рудное тело вместе с вмещающей средой в таком случае можно рассматривать как гальванический элемент, внутренней цепью которого является окружающая ионная среда, а внешней – само графитовое или сульфидное тело, обладающее электронной проводимостью.

Можно выделить две основные причины изменения скачка потенциала на границе электронного проводника и ионной среды: 1) изменение состава электронного проводника; 2) изменение состава электролита, окружающего проводник. Иллюстрацией к первому случаю может служить полиминеральная залежь, например сростки сульфидов. Примером второго случая служит графитовая залежь в ионной среде.

Графит является практически инертным электродом, т.е. обмен ионами между ним и раствором почти отсутствует. Роль потенциалопределяющего фактора играет окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) раствора, и скачок потенциала характеризует установление равновесия какого-либо окислителя с его восстановленной формой. Окислитель отнимает у электрода электроны и смещает его по-

тенциал в положительную сторону. Восстановитель отдает электроны электроду и смещает потенциал в отрицательную сторону. Графит играет роль проводника электронов от восстановителя к окислителю. В окружающей ионной среде носителями тока являются катионы и анионы. ЭДС графитовых залежей определяется разностью величин ОВП подземных вод на разных глубинах. В концентрированных растворах окислительно-восстановительных систем сульфиды также ведут себя подобно инертному электроду. Основной причиной изменения ОВП вод с глубиной является изменение концентрации кислорода, в меньшей степени – наличие различных химических элементов с переменной валентностью, например Fe^{2+}/Fe^{3+} , S^{2-}/S^{6+} .

Пространственное распределение потенциалопределяющих факторов обычно таково, что верхняя часть ионной среды на границе ее с проводником заряжается отрицательно, а нижняя – положительно. Вследствие этого наблюдаемый на поверхности земли потенциал имеет отрицательный знак.

Аппаратура

В комплект аппаратуры метода ЕП входят два неполяризующихся электрода, измеритель напряжения с большим входным сопротивлением, соединительные провода, катушка.

В качестве заземлителей в методе естественного электрического поля используют неполяризующиеся электроды. Применение обычных заземлителей в виде железных или медных шпилек в методе естественного поля невозможно из-за большой и непостоянной разности их электродных потенциалов. Это связано с тем, что контакт металла с ионной средой осуществляется в неравновесных системах, т.е. на границе раздела металл – раствор происходит обмен ионами разного типа и состав солей в среде носит случайный характер. Следовательно, при перестановке металлических электродов по профилю они каждый раз будут приобретать новый электродный потенциал и приобретенный потенциал будет неустойчивым во времени.

В самом неполяризующемся электроде металл (медь) соприкасается с раствором своей собственной соли (медным купоросом), который является промежуточной средой, обеспечивающей электрический контакт электрода с землей. В этом случае на границе раздела металл – раствор происходит обмен ионами одного типа по схеме $Me \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} Me^+$, и металл в таких системах приобретает равновесный обратимый потенциал. По такому принципу работают медные неполяризующиеся электроды.

В качестве прибора для измерения разности потенциалов между двумя электродами можно использовать любой измеритель постоянного напряжения с большим входным сопротивлением (не менее 1 МОм).

Для присоединения электродов к измерителю применяют тонкие многожильные провода с эластичной изоляцией. Перед началом работ провода размечают с помощью цветной изоляционной ленты для контроля за правильностью передвижения подвижного электрода. Используют стандартные облегченные катушки с клеммой для подключения к прибору. Необходимо следить, чтобы провода были тщательно изолированы, особенно при работе в сырую погоду.

Методика полевых работ

В методе естественного электрического поля применяют два способа наблюдений: способ градиента и способ потенциала.

При использовании *способа градиента* измеряют разность потенциалов между соседними точками профиля. Этот способ бывает незаменим в случаях, когда нет возможности использовать длинные провода, например, в населенных пунктах или в районах интенсивных промышленных помех. С другой стороны, измерения по способу градиента зачастую сопровождаются накоплением большой погрешности, а результаты требуют дополнительной обработки.

Наиболее часто используемой и простой для обработки является съемка ЕП по схеме потенциала, когда один электрод устанавливается неподвижно, а с помощью второго идентичного электрода производят измерения разности потенциалов между неподвижным электродом и остальными точками пространства. Для выполнения работ по такой методике достаточно двух человек. Мы предлагаем использовать систему наблюдений с переносной катушкой (рис. 1). Один конец провода закрепляют у неподвижного электрода *N* и подсоединяют к последнему, а катушку *K* с проводом и измерительный прибор переносят вместе с подвижным электродом *M*. Неподвижный электрод *N* стараются устанавливать в область с наиболее спокойным характером поля. Необходимо строго следить за тем, чтобы неподвижный электрод всегда был связан с клеммой *N* измерителя напряжения *И*, а подвижный – с клеммой *M*.

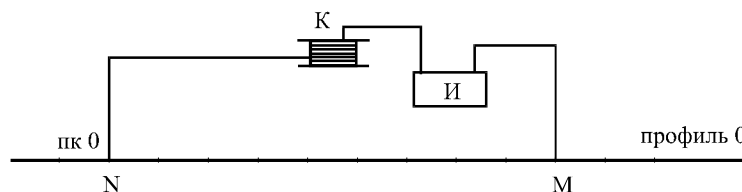


Рис.1. Схема наблюдений по способу потенциала.

Пройдя профиль от нулевой точки ПК0 до конца (обычно на длину провода в катушке), оператор возвращается к неподвижному электроду, производя контрольные наблюдения на каждой 5–10-й точке. Преимуществом такой системы наблюдений является непосредственный контроль оператора за качеством заземлений и возможность произвести детализацию в случае необходимости.

При выполнении маршрутной или мелкомасштабной съемки, когда протяженность профиля значительно больше длины провода, используют систему с последовательным наращиванием профиля. Произведя измерения на первом интервале, неподвижный электрод переносят на следующий отрезок профиля и устанавливают так, чтобы при данной длине провода можно было сделать повторные измерения 3–5 точек предыдущего интервала. От новой точки заземления неподвижного электрода измерения выполняются на полную длину провода в ту и другую сторону. Для увязки интервалов профилей необходимо произвести совмещение значений потенциала в точках повтора.

По подобной схеме следует действовать при переходе на соседние профили. Для приведения графиков потенциала на каждом профиле к единому уровню производят измерение потенциала на нулевой точке отработанного профиля, устанавливая подвижный электрод рядом с неподвижным, а затем второе измерение – при перестановке подвижного электрода на нулевую точку следующего профиля. Разность между значениями второго и первого измерений принимают за разность потенциалов между нулевыми точками данных профилей.

Обработка результатов наблюдений

Первым этапом обработки данных ЕП является построение графиков потенциала по профилям и приведение их к одному условно выбранному нулю. В качестве общей нулевой точки выбирают одну из точек “нормального поля” на планшете. Для приведения графиков к одному уровню поля используют увязки, выполненные при наращивании профилей или при переходе на соседние профили (см. выше).

Приведя все значения потенциала на планшете к общей нулевой точке, данные ЕП представляют в виде плана графиков и плана изолиний потенциала. Масштаб на вертикальной оси графиков выбирается в зависимости от задач, характера поля и точности наблюдений. В качестве стандартного может быть рекомендован масштаб 1 см=20 мВ для спокойных полей и 1 см=100 мВ для аномальных полей большой интенсивности. На этом же основании выбирается цена деления изолиний.

С помощью планов графиков и планов изолиний делают первичную качественную интерпретацию – выделяют аномальные зоны, устанавливают их размеры и простирание, делают предположения о природе аномалии. По характерным профилям можно ориентировочно

оценить глубину и другие элементы залегания объектов, вызывающих аномалии (Рис.2).

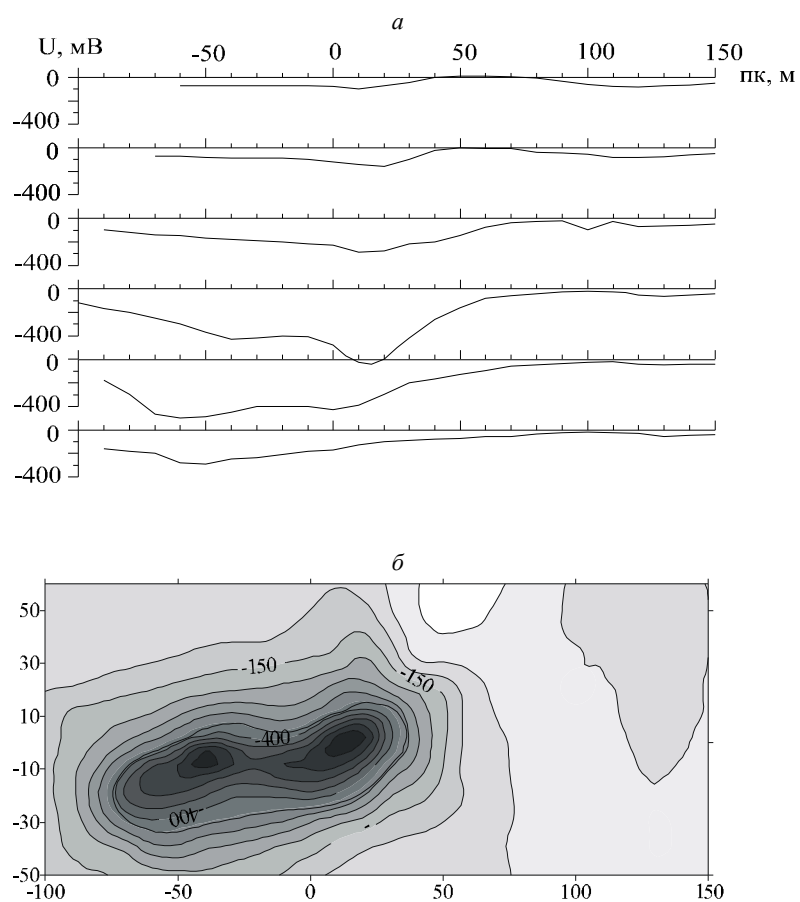


Рис. 2. Планы графиков (а) и изолиний (б) потенциала естественного электрического поля. Хаугаваара, Ю. Карелия.