

УДК 550.837.31

И. Д. Игнатова, И. Н. Модин, В. А. Шевнин

**ВЕКТОРНАЯ СЪЕМКА В МЕТОДЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ<sup>1</sup>**

Электрическое поле, измеряемое в методе сопротивлений, является векторной величиной. При традиционной съемке измеряется только модуль одной радиальной компоненты поля. Это правомерно для горизонтально-слоистой среды, когда вторая компонента поля практически равна нулю. Но при измерениях в двухмерных и трехмерных средах за счет обтекания током геоэлектрических неоднородностей появляются *y*- и *z*-составляющие поля, сравнимые и иногда превышающие *x*-компоненту.

Обычно расчет кажущегося сопротивления производят через нормировку наблюдаемого поля к той компоненте плотности тока, вдоль которой измеряется электрическое поле  $\rho_k = E_x / J_{0,x}$ . В неоднородных средах аномальная часть поля  $E_{ан. x}$  может быть во много раз больше первичного поля  $E_{0, x}$  и не совпадать с ним по знаку. В результате кажущееся сопротивление может принимать отрицательные значения, а по абсолютной величине во много раз превосходить удельное сопротивление вмещающей среды. В таких случаях даже качественная интерпретация наблюдаемых полей и рассчитанных по ним значений кажущегося сопротивления бывает затруднительной. Отсюда возникает идея векторной съемки, т. е. измерения не одной, а двух или трех компонент поля с учетом знака (рис. 1). При этом, по нашему мнению,

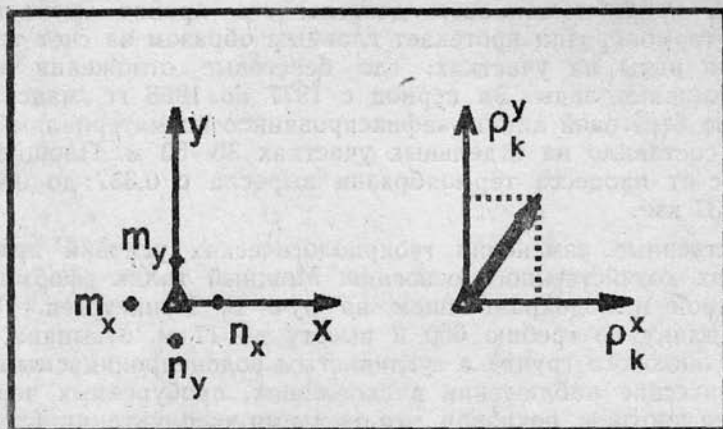


Рис. 1. Векторное представление кажущегося сопротивления

необходимо проводить нормировку поля к модулю плотности первичного тока во вмещающей среде:

$$\rho_{k,x} = E_x / \text{mod}(J_0); \quad \rho_{k,y} = E_y / \text{mod}(J_0),$$

где  $\text{mod}^2(J_0) = (J_{0,x})^2 + (J_{0,y})^2$ .

<sup>1</sup> Доклад прочитан на конференции «Молодые ученые геологического факультета МГУ» (1994, апрель).

Известно, что первичное поле от питающего электрода в неоднородной среде индуцирует вторичное поле от источников, расположенных на границе аномального тела. Измеряемое поле есть сумма первичного и вторичного полей. Учтя влияние поля первичного источника (это всегда можно сделать, если известен вмещающий геоэлектрический разрез), оставим аномальную часть, связанную только со вторичными источниками на границах тела.

$$\rho_{k,x}^{\text{anom}} = \rho_{k,x} - \rho_{k,x}^t; \quad \rho_{k,y}^{\text{anom}} = \rho_{k,y} - \rho_{k,y}^t.$$

При поляризации внешним полем электрический ток будет растекаться от положительных к отрицательным вторичным источникам (рис. 2). Векторы электрического поля, пересчитанные затем в векторы кажущегося сопротивления, будут располагаться вдоль силовых линий электрического поля и вблизи источников тока будут указывать на положение вторичных источников в пространстве. Проведем прямые, совпадающие по направлению с векторами, от начала вектора (положительное продолжение) и от конца вектора (отрицательное продолжение). Точки взаимного пересечения положительных и отрицательных продолжений векторов будут располагаться вблизи самих вторичных источников, образуя распыленное облако около эпицентров аномального тела. Распыленное облако образуется вследствие сложного характера растекания электрического тока от совокупности вторичных источников на поверхности тела, линейное продолжение токовых линий дает только приближительное их положение. При точном учете геометрии токовых линий облако пересечений векторов начнет стягиваться к самим эпицентрам вторичных источников. Подсчитав в скользящем окне число точек пересечения продолжений векторов по всей площади и отнеся это число к центру окна, можно построить карту распределения вторичных источников.

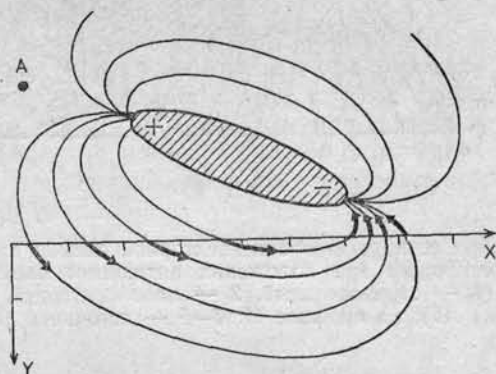


Рис. 2. Поведение аномальных векторов  $\rho_k$  вблизи неоднородности

Таким способом можно оконтурить распыленное облако и найти положительный и отрицательный эпицентры аномального тела (т. е. центры положительных и отрицательных точек пересечения продолжений векторов). Электрический ток от питающего электрода будет обтекать аномальное тело и в зависимости от положения приемной линии на величину принимаемого сигнала будут влиять вторичные источники с разных сторон тела, так как интенсивность вторичных источников будет зависеть от близости к первичному источнику. Таким образом, меняя положение питающего электрода и приемной линии, мы как бы «подсвечиваем» разные части поверхности аномального объекта, возбуждая на нем вторичные источники тока.

На рис. 3 приведены результаты численного моделирования по программе ИЕЗР1 для следующей модели: на большой глубине между двумя горными выработками расположена неоднородность в виде куба со стороной 20 м. Измерения проводились по двум профилям для разных положений питающего электрода (при положении электрода А

на профиле I приемные электроды располагали на профиле II и наоборот). Как видно на рис. 3, при разных положениях питающего электрода проявляются разные стороны поверхности аномального объекта. Собрав на одном плане все эпицентры векторных диаграмм при разных положениях питающего электрода, можно достаточно уверенно оконтурить аномальное тело.

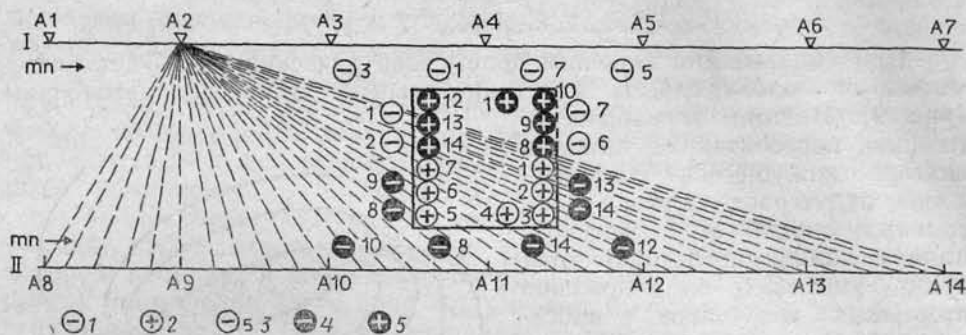


Рис. 3. Моделирование векторной съемки при межшахтном просвечивании. Вторичные источники при положении питающего электрода на профиле I: 1—3 — источники (1 — отрицательный, 2 — положительный, 3 — вторичный для питающего электрода A5); на профиле II: 4—5 — источники (4 — отрицательный, 5 — положительный)

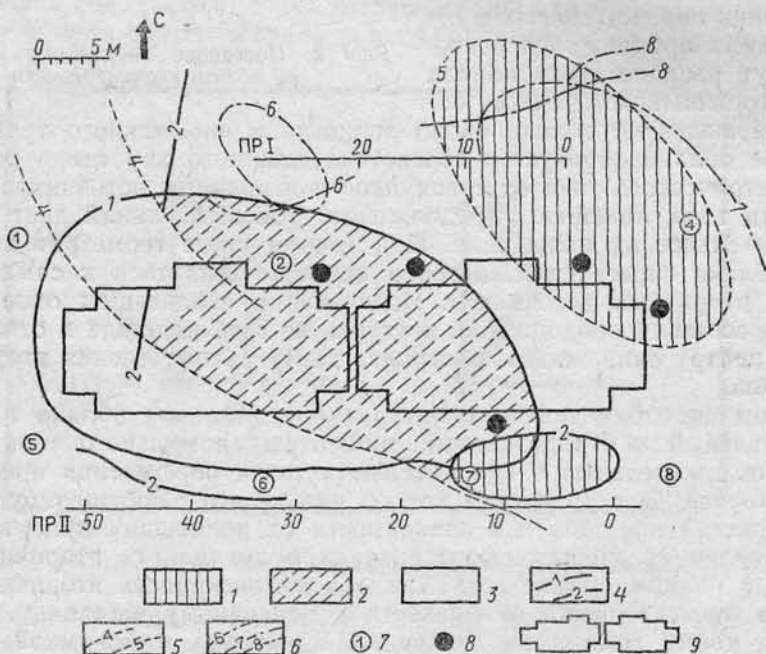


Рис. 4. Результаты векторной съемки, проведенной летом 1993 г. в Донецке: 1—3 — зоны (1 — сильно обводненные с предполагаемыми пустотами, 2 — со средней обводненностью, 3 — осушенные); 4—6 — границы аномальных зон при положении источника: 4 — в скважинах 1 и 2, 5 — в скважинах 4 и 5, 6 — в скважинах 6, 7 и 8; 7 — скважины и их номера; 8 — скважины, предполагаемые для бурения и тампонажных работ; 9 — контуры зданий

Векторная съемка — принципиально новая методика, направленная на поиск двух- и трехмерных неоднородностей, ее можно применять как в подземных условиях, так и на поверхности. В шахтах и скважинах (при измерениях по одной линии) традиционные установки не могут определить расположение аномалии в пространстве. А предлагаемая методика помимо выявления аномалии позволяет определить ее пространственное положение. При наземных исследованиях особенно целесообразно применять векторную съемку в тех случаях, когда затруднен доступ к объекту, и можно проводить измерения только в ограниченной области (газоны, узкие полосы земли среди асфальта в городах). Меняя расположение питающего и приемных электродов, мы добиваемся максимальной проявленности разных частей аномалии, работая при этом в ограниченной области.

Авторы провели векторную съемку в Донецке при поиске обводненной зоны под недавно построенным жилым домом, причем работать на стройплощадке можно было лишь по газонам с двух сторон дома. Проведя измерения по описанной методике, построив вектора и собрав эпицентры векторных диаграмм на одном плане, удалось оконтурить зону повышенной обводненности и предложить места для проведения дополнительных тампонажных работ (рис. 4).

Результаты моделирования и полевых работ в условиях города доказывают эффективность векторной съемки и возможность ее применения для решения сложных геологических задач в трехмерных средах.

Поступила в редакцию  
26.07.94