

С. Ю. БАЛАСЛНЯН

ТЕНЗОР НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

Многолетняя практика применения геофизических методов исследования геологических сред вообще и метода вызванной поляризации в частности показывает, что реальные геологические образования обладают, как правило, свойством анизотропии [1]. Признать факт анизотропии геологических образований значит признать необходимость рассмотрения тензора напряженности поля вызванной поляризации, т. е. то, чему посвящена настоящая работа.

Рассмотрим в трехмерном декартовом пространстве (x, y, z) некоторый объем анизотропной геологической среды, т. е. среды, в которой свойства меняются в зависимости от направления. Если в такой системе приложить электрическое поле E_x , направленное по оси (x) , то оно вызовет поляризацию по всем трем осям координат $E_{ВП}(xx)$, $E_{ВП}(yx)$, $E_{ВП}(zx)$ (каждая из которых пропорциональна E_x). Аналитически это запишется так:

$$E_{ВП}(xx) = \eta_{xx} E_x, \quad E_{ВП}(yx) = \eta_{yx} E_x, \quad E_{ВП}(zx) = \eta_{zx} E_x, \quad (1)$$

где η_{xx} , η_{yx} , η_{zx} — коэффициенты пропорциональности, называемые, как известно, поляризуемостью. Первый индекс y значений напряженности поля ВП и поляризуемостей (x, y, z) показывает направление вызванной поляризации, а второй индекс (x) — направление приложенного поля.

Электрическое поле E_y , направленное вдоль оси (y) , также вызовет поляризацию рассматриваемого объема в трех направлениях x, y, z :

$$E_{ВП}(xy) = \eta_{xy} E_y, \quad E_{ВП}(yy) = \eta_{yy} E_y, \quad E_{ВП}(zy) = \eta_{zy} E_y. \quad (2)$$

Точно такой же эффект произойдет и от электрического поля, направленного по оси (z) :

$$E_{ВП}(xz) = \eta_{xz} E_z, \quad E_{ВП}(yz) = \eta_{yz} E_z, \quad E_{ВП}(zz) = \eta_{zz} E_z. \quad (3)$$

Теперь если рассмотреть произвольное электрическое поле E в том же объеме, то оно, как нетрудно вообразить, образовано тремя компонентами E_x , E_y , E_z , каждая из которых, как это было показано выше, вызывает поляризацию в трех направлениях (x, y, z) .

Таким образом, в каждой точке пространства поляризующее поле будет определено вектором \vec{E} , состоящим из трех компонент E_x, E_y, E_z , а поле вызванной поляризации будет определено тензором $E_{ВП}$, состоящим из девяти слагаемых, которые можно представить в виде следующей матрицы:

$$E_{ВП}(ij) = \begin{pmatrix} E_{ВП}(xx) & E_{ВП}(yx) & E_{ВП}(zx) \\ E_{ВП}(xy) & E_{ВП}(yy) & E_{ВП}(zy) \\ E_{ВП}(xz) & E_{ВП}(yz) & E_{ВП}(zz) \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Совокупность девяти значений $E_{ВП}(ij)$ можно назвать тензором напряженности поля вызванной поляризации геологических сред, а само поле ВП—тензорным полем.

Точно такой же набор коэффициентов $\gamma_i(ij)$, взятых из уравнений (1), (2), (3), образуют тензор поляризуемости геологических сред:

$$\gamma_i(ij) = \begin{pmatrix} \gamma_{ixx} & \gamma_{iyx} & \gamma_{izx} \\ \gamma_{ixy} & \gamma_{iyy} & \gamma_{izy} \\ \gamma_{icz} & \gamma_{iyz} & \gamma_{izz} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Если представить тензор напряженности поля ВП симметричным, т. е. $E_{ВП}(xy) = E_{ВП}(yx)$ и так для любой пары индексов, то он может быть приведен к „диагональному“ виду:

$$\begin{pmatrix} E_{ВП}(xx) & 0 & 0 \\ 0 & E_{ВП}(yy) & 0 \\ 0 & 0 & E_{ВП}(zz) \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Симметричный тензор напряженности поля ВП, как известно, однозначно характеризуется формой эллипсоида постоянной энергии. Последний же может быть задан направлениями трех «главных осей» и диаметрами эллипсоида по этим осям. Отсюда, в нашем случае, форма эллипсоида постоянной энергии задается тремя компонентами $E_{ВП}(xx), E_{ВП}(yy), E_{ВП}(zz)$.

В случае равенства в «диагональной» форме всех трех элементов тензора напряженности ВП, т. е.

$$E_{ВП}(xx) = E_{ВП}(yy) = E_{ВП}(zz) = E_{ВП},$$

эллипсоид энергии геометрически превращается в сферу, а физически это означает, что напряженность ВП во всех направлениях одинакова и геологическая среда изотропна.

Таким образом, от наиболее общего случая, который был рассмотрен в представленной работе, мы пришли к частному, идеальному случаю, часто рассматриваемому в теории геофизического поля.

Из вывода о тензорном характере поля ВП вытекают следующие важные в методическом и интерпретационном аспекте следствия:

1. Для получения полной информации о поле вызванной поляризации геологических сред, при работе на любых геологических объектах,

измерение соответствующих параметров следует производить по способу азимутальных наблюдений.

2. Для правильной трактовки геофизических данных, полученных азимутальным способом наблюдений, предстоит разработка новых, специальных методов интерпретации, в которых определенную роль может сыграть теоретико-групповой анализ.

В заключение хочется отметить, что, поскольку реальная геологическая среда является анизотропной не только в отношении поля вызванной поляризации геологических сред, но, как показывает практика, и в отношении других геофизических полей, то мы берем на себя смелость утверждать, что все геофизические поля являются тензорными и поэтому выводы, сделанные нами для тензорного поля ВП, являются универсальными. Переход от понятия векторного геофизического поля к тензорному поможет привести в большее соответствие теорию и практику геофизических методов исследований.

Читинский политехнический
институт

Поступила 26.VI.1978.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Федынский В. В. Разведочная геофизика. «Недра», М., 1967.