

УДК 550.38

Л. А. АХВЕРДЯН

РАСЧЕТ АНОМАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ШАРА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Для расчета магнитоупругого эффекта целесообразно представить поле косо намагниченного шара с магнитным моментом M суперпозицией магнитных полей вертикально намагниченного шара с $M_1 = M \cos \theta$, и горизонтально намагниченного — с моментом $M_2 = M \sin \theta$. Поскольку компоненты поля вертикально намагниченного шара описываются формулами [1]:

$$H_{a_1} = - \frac{3 M_1 R x}{(R^2 + x^2)^{5/2}}; \quad Z_{a_1} = - \frac{M_1 (2 R^2 - x^2)}{(R^2 + x^2)^{5/2}},$$

а компоненты горизонтально намагниченного шара

$$H_{a_2} = - \frac{M_2 (2 x^2 - R^2)}{(R^2 + x^2)^{5/2}}; \quad Z_{a_2} = - \frac{3 M_2 R x}{(R^2 + x^2)^{5/2}},$$

то составляющие косо намагниченного шара будут

$$H_a = - \frac{3 M R x \cos \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}} - \frac{M (2 x^2 - R^2) \sin \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}};$$

$$Z_a = \frac{M (2 R^2 - x^2) \cos \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}} - \frac{3 M R x \sin \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}},$$

где x — расстояние вдоль поверхности; R — глубина залегания.

Под действием одноосного давления ΔP вдоль горизонтали соответствующие изменения намагниченности составляют

$$\Delta J_1 = J_1 \alpha \Delta p,$$

$$\Delta J_2 = - J_2 \beta \Delta p,$$

где J_1 — вертикальная намагниченность шара, J_2 — горизонтальная намагниченность шара, $\alpha = 4 \cdot 10^{-7}$ см/кг — коэффициент изменения намагниченности в направлении, параллельном действующим напряжениям при изменении давления на 1 кг/см², $\beta = 2 \cdot 10^{-4}$ см²/кг — коэффициент изменения намагниченности в направлении, перпендикулярном к направлению действующих напряжений, при изменении давления на 1 кг/см² [2].

Изменения аномальных значений компонент магнитного поля при магнитоупругом эффекте получим в виде:

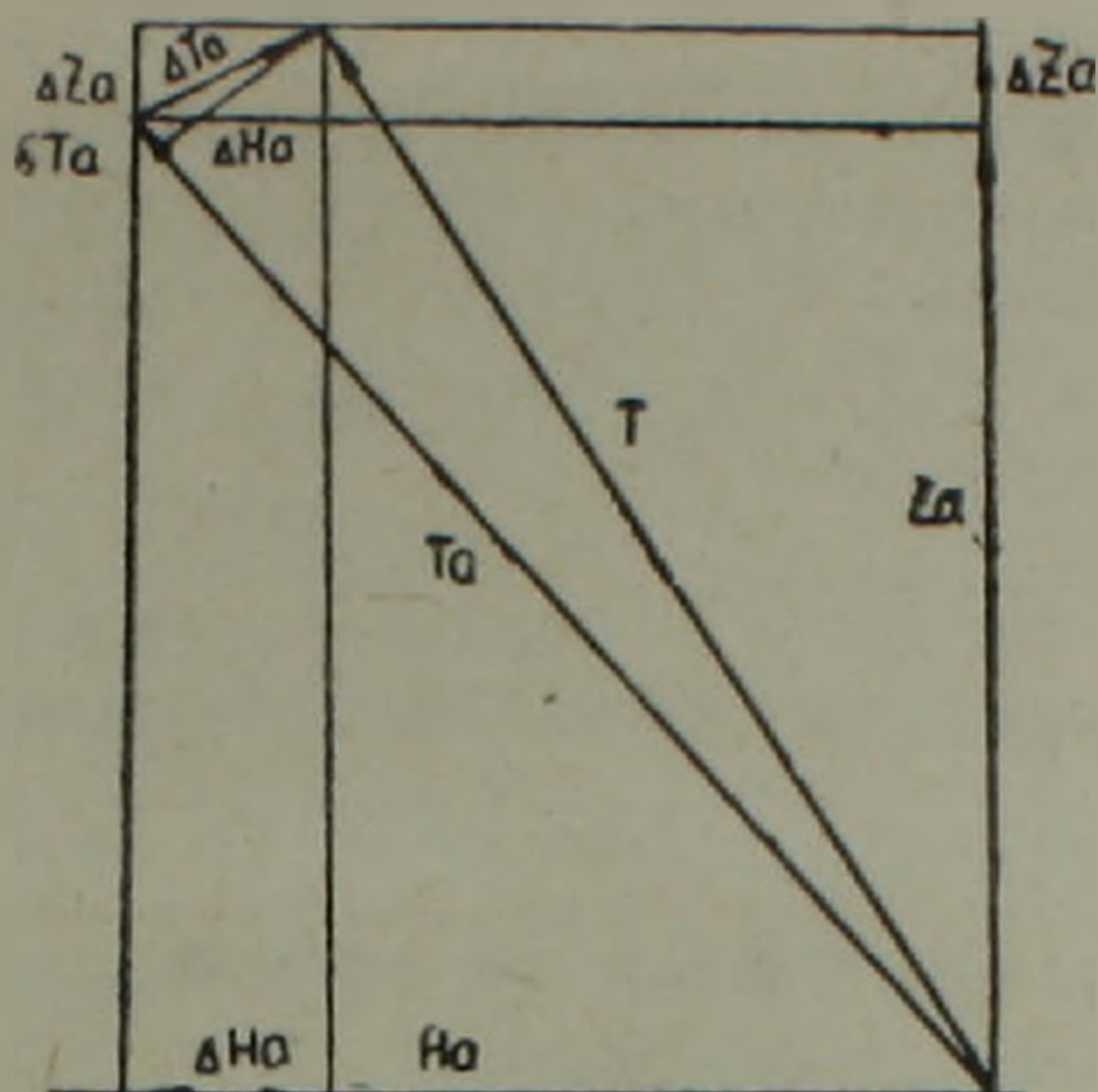


Рис. 1. Соотношение модуля приращения (T_α) и приращение (T_α) модулей (T) и (T_α).

$$\Delta H_\alpha = \frac{3MRx \cos \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}} \alpha \Delta p - \frac{M(2x^2 - R^2) \sin \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}} \beta \Delta p,$$

$$\Delta Z_\alpha = \frac{M(2R^2 - x^2) \cos \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}} \alpha \Delta p - \frac{3MRx \sin \theta}{(R^2 + x^2)^{5/2}} \beta \Delta p.$$

Нетрудно заметить, что для вертикальной или горизонтальной намагниченности максимум приращения ΔH_α и ΔZ_α совпадает с максимумами H_α и Z_α . При косо́й намагниченности картина существенно изменяется, так как наблюдается заметный сдвиг соответствующих максимумов (рис 2, 3).

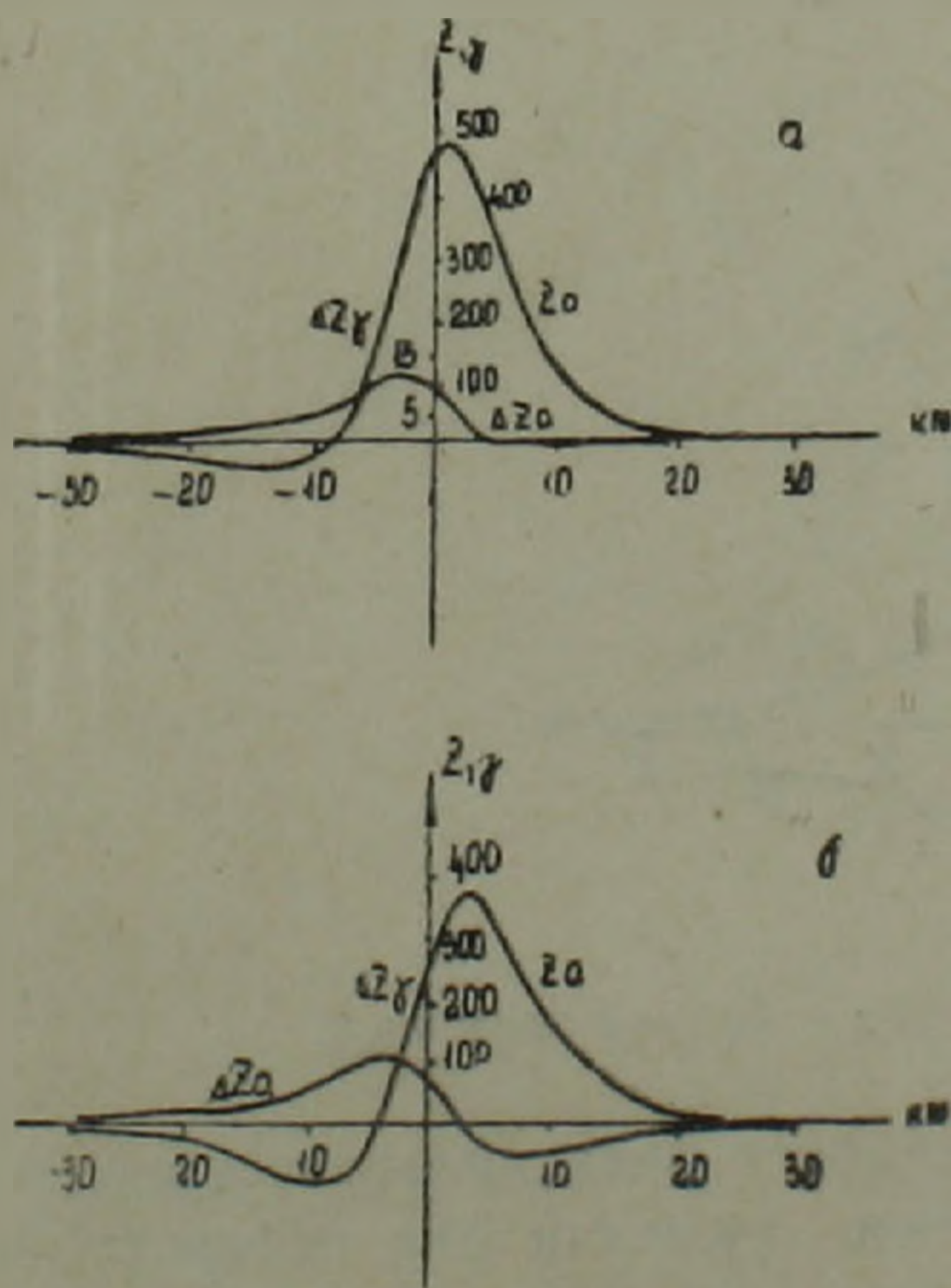


Рис. 2.

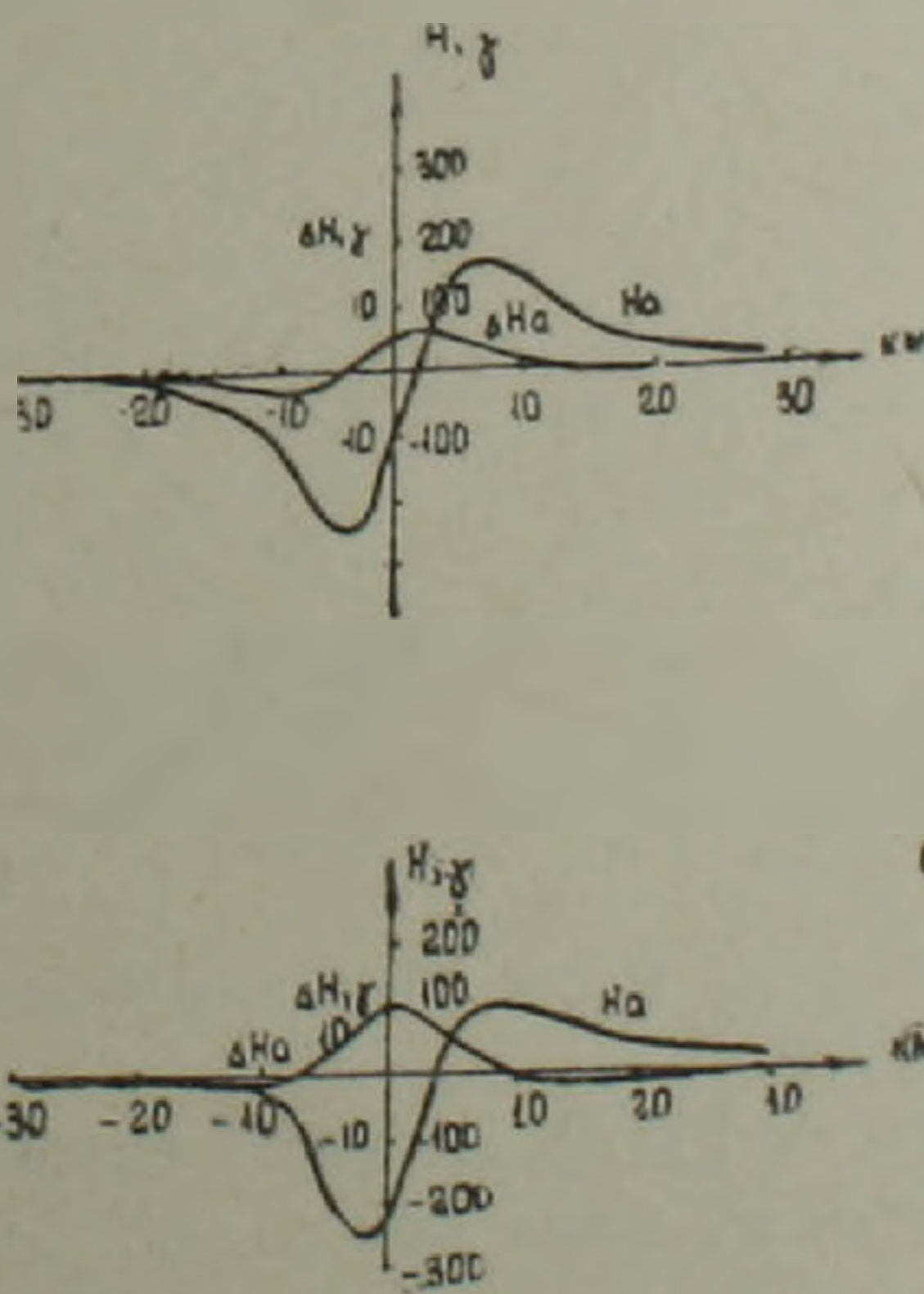


Рис. 3.

Рис. 2. Значения Z_α и ΔZ_α полей шара при угле намагничивания: а) $\theta = 30^\circ$, б) $\theta = 60^\circ$.
Рис. 3. Значения H_α и ΔH_α полей шара при угле намагничивания: а) $\theta = 30^\circ$, б) $\theta = 60^\circ$.

В области максимальных значений Ha и Za возможны не только положительные, но и отрицательные приращения, поэтому не исключена возможность существования в этой же области зон, вообще не чувствительных к проявлению магнитоупругого эффекта.

Рассмотрим поведение модуля вектора напряженности магнитного поля, принятой нами модели.

Пусть $|Ia| = \sqrt{Ha^2 + Za^2}$ — модуль вектора поля без давления. При давлении ΔP модуль напряженности принимает значение (рис. 1):

$$|Ta| = \sqrt{(Ha + \Delta Ha)^2 + (Za + \Delta Za)^2},$$

где ΔHa и ΔZa , вызванные давлением приращения горизонтальной и вертикальной компонент соответственно. При обработке результатов наблюдений протонными магнитометрами можно получить только алгебраическую разность модуля:

$$\delta Ta = |T| - |Ia|.$$

С другой стороны, при наблюдении компонент поля (например, кварцевыми магнитометрами) можно получить модуль приращения полного вектора.

Легко видеть, что абсолютное значение $|\delta Ta| \leq |\Delta Ta|$. Равенство между этими величинами имеет место только при коллинеарности векторов T и Ia . В общем случае их направление различно, поэтому измеряемая протонными магнитометрами разность Ta по величине не сов-

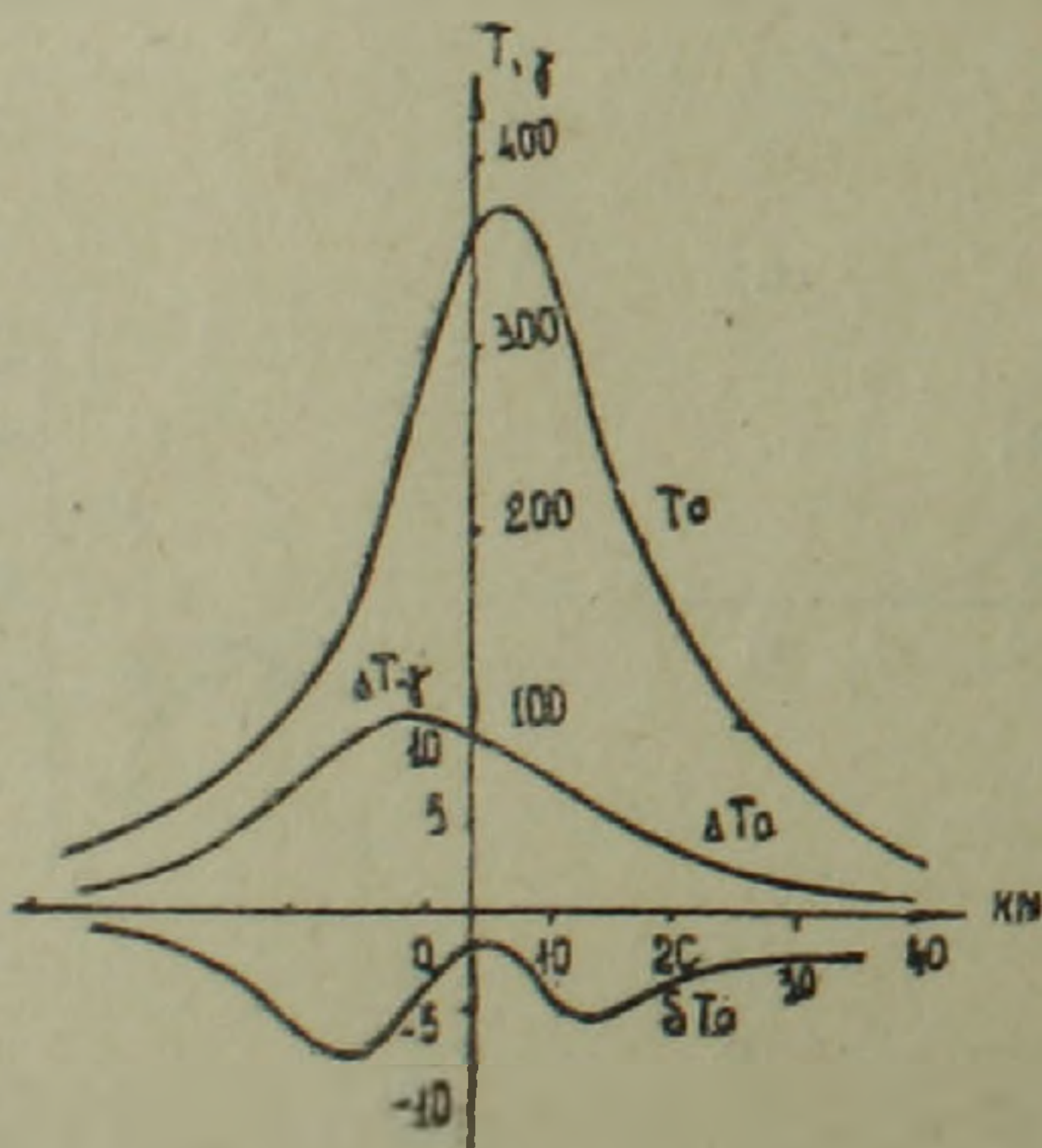


Рис. 4. График распределения ΔTa и Ta для поля шара.

падает с $[\Delta Ta]$. На рис. 4 приведены графики функций для космонамагнитического шара при $\theta = 60^\circ$. Поведение разности δTa по профилю, проходящему над центром шара, существенно отличается от поведения модуля приращения $[\Delta Ta]$. Если модуль приращения полной напряженности $[\Delta Ta]$ имеет только один максимум, и правая и левая ветви изме-

няются монотонно, то график приращения модулей ΔT_a имеет несколько экстремальных точек, положение которых не совпадает с положениями экстремумов функций T_a и (T_a) .

Следовательно, вариации модуля напряженности поля, определяемые протонными магнитометрами, вообще говоря, не сопоставимы с данными измерений компонентных магнитометров, когда вопрос касается магнитоупругого эффекта.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 24.III.1978.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Логачев Л. А.* «Курс магниторазведки». Гостоптехиздат. Л., 1962.
2. *Аколян Ц. Г., Нагапетян В. В., Рассанова Г. В., Сковородкин Ю. П.* Сейсмоманнитный эффект на Зангезурском полигоне. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4, 1973.