

И. И. РОКИТЯНСКИЙ

НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПО МАГНИТОВАРИАЦИОННЫМ ДАННЫМ

(Представлено академиком А. Н. Тихоновым 9 XI 1970)

Магнитовариационное зондирование (м.в.з.) есть метод изучения электропроводности σ Земли в зависимости от глубины h на основе анализа данных о пространственном распределении поля геомагнитных вариаций, которое состоит из первичной, внешней относительно Земли части, и вторичной части от токов, индуцированных в проводящих слоях земной коры и мантии. Целью анализа вариаций является определение отношения внутренней части поля к внешней (Q) или другого параметра, зависящего от $\sigma(h)$. Единственным пригодным для м.в.з. видом анализа до сих пор является сферический гармонический анализ (для небольших регионов он может быть заменен анализом в прямоугольных или цилиндрических координатах). Поскольку наблюдения вариаций проводятся только на континентах (не учитывая нескольких обсерваторий на островах), а сферический анализ позволяет представить поле на всей поверхности Земли, можно полагать, что современные глобальные м.в.з. характеризуют континентальное $\sigma(h)$.

В классическом м.в.з. ⁽¹⁾ использовались интерпретационные параметры, существенно зависевшие от порядка сферической гармоники, поэтому совместная интерпретация различных гармоник была затруднена. В ⁽²⁾ данные м.в.з. впервые выражены в виде кажущейся проводимости, в ⁽³⁾ выписаны формулы для перехода к новым параметрам и подчеркнуто, что представление данных через импеданс ζ и кажущееся удельное сопротивление ρ_k позволяет применить для интерпретации м.в.з. хорошо разработанную методику частотных зондирований. В ^(3a) описан первый опыт таких зондирований. В настоящей работе все годные для глобальных м.в.з. опубликованные данные представлены в виде кривых $\zeta(T)$, $\rho_k(T)$ (рис. 1), где T — период вариации. На рис. 1 частотный диапазон м.в.з. представлен полностью. Вариации с периодом более полугода пока не удается выделить на фоне вековых вариаций. Вариации с периодом менее суток подвержены сильному влиянию приповерхностных геоэлектрических неоднородностей и их использование для м.в.з. затруднено. Характеристикой выполнения условий частотного зондирования является расстояние экспериментальных точек по линии h — нисходящей асимптоты, обусловленной геометрическими особенностями используемой сферической гармоники; приближение точек к этой линии указывает на потерю связи с электропроводностью. Линии h проведены только на графике ζ для первых трех сферических гармоник. К гармонике $n = 3$ относятся 5 точек при $T = 4,3 \cdot 10^4$ сек., к гармонике $n = 2-5$ точек $T = 8,6 \cdot 10^4$ сек., все остальные точки представляют первую сферическую гармонику, соответствующую однородному полю. Из рис. 1 видно, что все точки находятся на достаточно большом расстоянии от своих линий h , следовательно, представление данных м.в.з. в виде импеданса или ρ_k сразу показывает возможность применения методов интерпретации частотного зондирования. Данные, представленные на рис. 1, содержат значительную трудно определяемую погрешность, превышающую разброс точек.

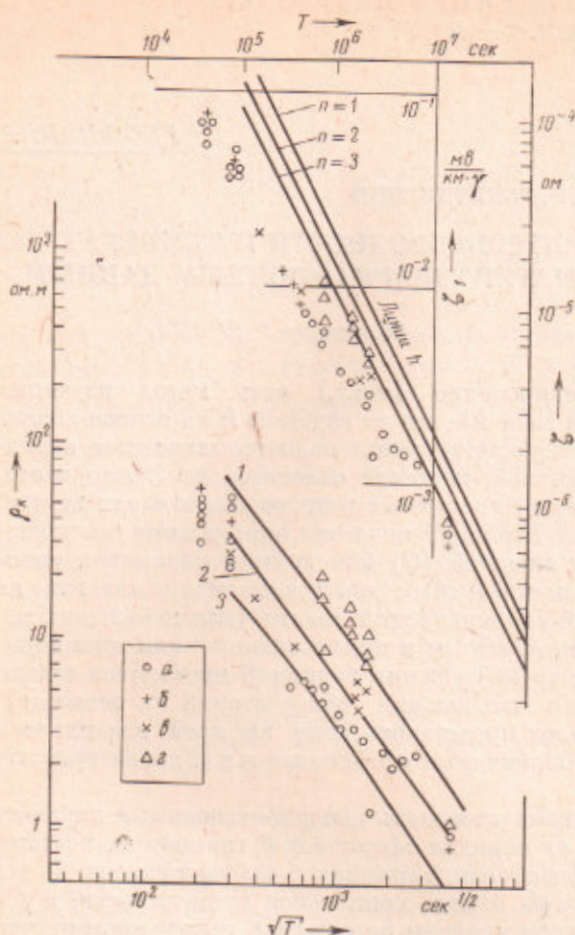


Рис. 1

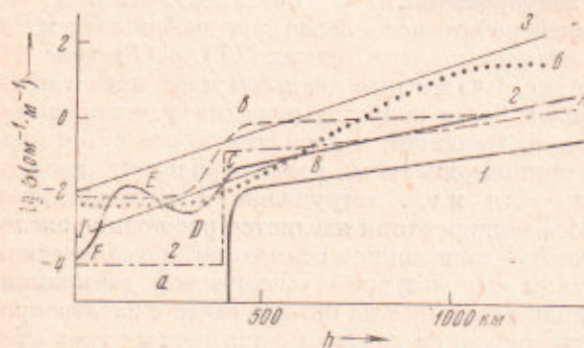


Рис. 2

Приближенная интерпретация выполнена на основе модели Лайри и Прайса $(^{12}) \sigma = \sigma_0(r/a)^{-1}$, где a — радиус проводящей Земли, l — постоянная. Результат представлен на рис. 2 в виде зависимостей $\sigma(h)$ (линии 1 и 3 соответствуют минимальному и максимальному распределению).

Анализ всех исходных материалов позволяет считать, что истинная кривая ρ_k лежит между линиями 1 и 3 с вероятностью не менее 0,8. Наиболее вероятная кривая $\rho_k(T)$ представлена линией 2. При столь неточных исходных данных детальная интерпретация не нужна, она может только создать вредную иллюзию высокой точности результата. Ломаная ABV представляет наиболее вероятное распределение, полученное только по м.в. данным: более глубинная часть $h > 600$ км соответствует модели Лайри при $l = 32$, менее глубинная имеет больший наклон, чтобы получить лучшее совпадение с наблюдаемой фазой суточных вариаций. Если учесть другие геофизические данные — повышенную электропроводность астеносферы, подтверждаемую данными магнитотеллурического зондирования $(^{13})$, вероятные полиморфные и химические превращения на глубине порядка 400 км, по-видимому, сопровождающиеся резким увеличением электропро-

водности $(^{14})$, то наиболее вероятную $\sigma(h)$ можно представить в виде кривой $ABCDEF$ на рис. 2. Кривые a, b, c представляют некоторые из ранее опубликованных $\sigma(h)$, они не выходят за очерченные пределы 1—3, если не считать небольшого участка кривой a .

Для построения геотермы $T(h)$ по данным об электропроводности необходимо знать функцию $T(\sigma)$. Для определения $T(\sigma)$ необходимо предположить прежде всего состав верхней мантии, который, следуя теории

А. Д. Базаржапов и др., Средние S_0 -поля по данным за сентябрь 1958. Сборн. Геомагнитные исследования, № 8, «Наука», 1966, стр. 5. ⁵ Н. П. Бенькова, Тр. Н.-и. учрежд. гидрометслужбы СССР, Н.-и. инст. земного магнетизма, сер. 6, в. 1, 1941. ⁶ R. J. Banks, Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 17, № 5, 457 (1969). ⁷ H. Takeuchi, M. Saito, J. Geophys. Res., 68, № 23, 6287 (1963). ⁸ R. G. Currie, J. Geophys. Res., 71, № 19, 4579 (1966). ⁹ Н. П. Бенькова, Тр. Н.-и. инст. земного магнетизма, в. 10 (20), (1953). ¹⁰ С. Ш. Долгинов, там же, в. 2 (12) (1948). ¹¹ A. T. Price, J. Geophys. Res., 68, № 24, 6383 (1963). ¹² B. N. Lahiri, A. T. Price, Phil. Trans. Roy. Soc. London A, 237, 509 (1939). ¹³ H. Fournier, S. H. Ward, H. F. Morrison, Magnetotelluric Evidence for the Low Velocity Layer. Techn. Rep. № 222 (89), Ser. № 4, Issue 76, Space Sciences Laboratory, Univ. of California, Berkeley 4, 1963, p. 1. ¹⁴ S. Akimoto, H. Fujisawa, J. Geophys. Res., 70, 443 (1965). ¹⁵ K. L. McDonald, J. Geophys. Res., 62, № 1, 117 (1957). ¹⁶ А. П. Виноградов, Химическая эволюция Земли, Изд. АН СССР, 1959. ¹⁷ K. Noritomi, J. Mining Coll. Akita Univ., Ser. A, 1, № 1 (1961). ¹⁸ R. M. Hamilton, J. Geophys. Res., 70, № 22, 5679 (1955). ¹⁹ Э. И. Пархоменко, Электрические свойства горных пород, «Наука», 1965. ²⁰ H. Hughes, J. Geophys. Res., 60, № 1, 187 (1955). ²¹ A. W. England, G. Simmons, N. Strangway, J. Geophys. Res., 73, № 10, 3219 (1968). ²² D. C. Tozer, Geophys. J. Roy. Astr. Soc., 9, № 2-3, 95 (1965).