

Х. АНДРА, Р. ВАХЕР, Э. ПОБУЛ, Ильме ЮРИНЕ

РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЭСТОНИИ

Магнитотеллурические зондирования (МТЗ) за период 1970—1972 гг. являются первой попыткой исследования вариаций естественного электромагнитного поля Земли для изучения строения земной коры и верхней мантии на территории Эстонии.

Применимость метода МТЗ определяется прежде всего геоэлектрическим разрезом района исследований и параметрами аппаратуры. Основным материалом для оценки электрических параметров осадочной толщи являются данные бокового каротажа и кривые вертикальных электрических зондирований. По данным бурения общая мощность осадочной толщи в Северной Эстонии колеблется от 150 до 350 м, среднее удельное сопротивление составляет около 150 ом·м. К югу мощность чехла возрастает до 700 м. В средней и южной частях территории среднее сопротивление осадочных пород находится в пределах 400—500 ом·м. Сопротивление пород фундамента — 1000—3000 ом·м.

Таким образом, геоэлектрические условия в Эстонии благоприятны для исследования больших глубин методом МТЗ.

Полевые наблюдения выполнялись в летнее и осеннее время при помощи магнитотеллурической лаборатории МТЛ-62, которая позволяет записывать короткопериодные колебания (КПК) с периодом от 10 секунд до нескольких минут. Регистрировались составляющие напряженности электрического (E_x , E_y) и магнитного (H_x , H_y) полей по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Запись E_x и E_y осуществлялась на 400-метровых измерительных линиях, расположенных Г-образно.

Точки наблюдения (всего 19) расположены равномерно по территории республики (рис. 1). Обработка вариаций велась способом среднего кажущегося импеданса.

Наблюдения показывают, что в утренние часы местного времени преобладают КПК с периодом от 10 до 30 сек, в дневные часы — от 35 до 45 сек и в вечерние — от 20 до 45 сек. Наиболее часто наблюдаются вариации с периодом от 20 до 40 сек. Суточный ход КПК характеризуется устойчивыми колебаниями типа P_c3 .

Амплитуда напряженности электрического поля меняется от 2,0 до 17,8 мв/км. Напряженность магнитного поля меняется от 0,16 до 1,8 гамм.

Обычно амплитуда КПК растет с увеличением периода. Рост периодов, относящихся к левой восходящей части кривых МТЗ, довольно велик, при дальнейшем же увеличении периода влияние проводящей зоны мантии на поведение электрических компонентов сказывается в замедлении роста их интенсивности (Авагимов и др., 1969). В Эстонии



Рис. 1. Ориентация больших осей теллурических эллипсов (стрелки) и глубина залегания проводящего слоя верхней мантии (цифры в кружках, км).

1 — Мядапэ, 2 — Рахкла, 3 — Алавере, 4 — Ярве, 5 — Харгла, 6 — Арду, 7 — Тюри, 8 — Коксвере, 9 — Савикоти, 10 — Нуйа, 11 — Ярваканди, 12 — Пярну, 13 — Лодья, 14 — Нисси, 15 — Ридала, 16 — Лихула, 17 — Палукуюла, 18 — Ванамыйза, 19 — Каарма.

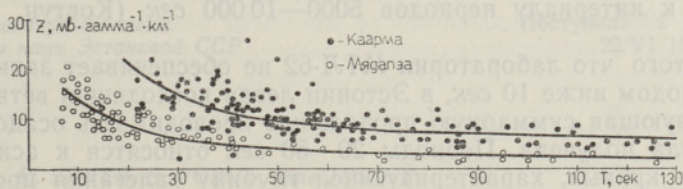
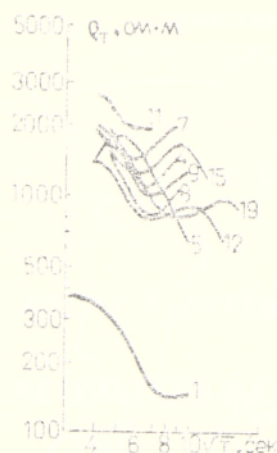


Рис. 2. График импеданса Z в зависимости от периода T .

рост интенсивности с увеличением периода в общем невелик, что указывает на преобладающее влияние проводящей зоны мантии.

Поляризация теллурического поля в основном квазилинейная. Направление больших осей эллипса поляризации (рис. 1) в северной части республики субмеридиональное. Южнее от линии Ридала—Коксвере—Ярве направление векторов близко к юго-восточному. Над локальными поднятиями фундамента в Палукуюла и Харгла векторы имеют широтное направление.

В результате обработки записей по формуле $Z = \sqrt{E_x E_y / H_x H_y}$ получены значения импеданса Z (в $\text{мв}/\text{гамма} \cdot \text{км}$) для разных периодов. Величина разброса точек на диаграммах (рис. 2) дает представление о точности вычисления импеданса и о влиянии искажений, вносимых в расчеты изменяющейся во времени структурой поля. В пределах одного и того же периода разброс не превышает 30—50% от среднего значения Z .



На рис. 2 выделяются два типа кривых импеданса. Для Средней и Южной Эстонии характерны относительно большие средние значения Z , для Северной Эстонии — меньшие значения Z , что, по-видимому, связано с меньшим сопротивлением осадочного чехла в Северной Эстонии.

Рис. 3. Амплитудные кривые МТЗ. Кривые пронумерованы в соответствии с номером пункта зондирования, указанным на рис. 1.

На основе осредненной кривой импеданса Z для определенных значений периода T по формуле $\rho_T = 0.2 TZ^2$ вычислялись значения кажущихся сопротивлений ρ_T . Таким образом для десяти точек наблюдения получены амплитудные кривые МТЗ (рис. 3).

Особенностью геологического строения Эстонии является относительно высокоомный разрез осадочной толщи малой мощности, сдвигающий максимум кривых МТЗ в сторону высоких частот. Обобщенный геоэлектрический разрез земной коры в Эстонии сравним с разрезами в Ловозеро (Балтийский щит) и Исаковцы (западный склон Украинского щита), где максимум наблюдается в области периодов 1—50 сек (Владимиров, 1971). В районах с мощным осадочным чехлом (несколько км) небольшого сопротивления (десятки Ом·м) максимум кривых МТЗ относится к интервалу периодов 5000—10 000 сек (Ковгун, Чичерина, 1969).

Ввиду того что лаборатория МТЛ-62 не обеспечивает записи вариаций с периодом ниже 10 сек, в Эстонии левая восходящая ветвь кривых, характеризующая суммарную продольную проводимость осадочной толщи, не была получена. Периоды 20—50 сек относятся к асимптотической части кривых, характеризующей глубину залегания проводящего слоя верхней мантии. Правые части кривых искажены. Обычно они имеют четкий минимум и начало восходящей ветви, но в трех случаях в правой части наблюдается также небольшой максимум и вторая нисходящая ветвь. Возможно, что правые части кривых отражают неоднородное строение верхней мантии.

Кривая № 1 (Мялапаэ) смещена вниз относительно других кривых (рис. 3), но по форме они совпадают. Судя по значениям импеданса в Рахкла, Арду и Инеси (кривые 2, 6, 14), подобное смещение характерно для всей Северной Эстонии. Оно может быть обусловлено искажающим электрическое поле горизонтальными неоднородностями в проводимости осадочной толщи (Тихонов и др., 1966).

Количественная интерпретация кривых МТЗ проводилась по формуле $h = 1.14 \sqrt{T_{10}}$, где $\sqrt{T_{10}}$ — абсцисса точки пересечения линии h с линией $\rho_T = 10$ Ом·м. Расчеты показывают, что по всей территории республики глубина проводящего слоя верхней мантии составляет в среднем 75 км. Средняя квадратическая погрешность $S_{\bar{h}}$ среднего арифметического \bar{h} из 8 определений равна 2.3 км. В южной части Эстонии поверхность проводящего слоя погружается на несколько десятков километров (кривая 5 на рис. 1).

Глубинные сейсмические исследования в Финляндии и Южной Швеции свидетельствуют о наличии на глубине 70—80 км границы раздела, где скорость распространения сейсмических волн достигает 8,5 км/сек (Penttilä, 1972). Возможно, что поверхность проводящего слоя, выделенная нами, и эта граница имеют одинаковую природу.

По правой нисходящей асимптите кривых можно оценить глубину второй проводящей зоны в верхней мантии. Получены следующие значения глубин: 140 км (Пярну), 150 км (Ридала), 180 км (Каарма).

Судя по результатам работ, МТЗ дает интересную информацию о положении проводящих границ в верхней мантии. Для получения сведений о строении земной коры, в частности осадочной толщи, нужно иметь левую восходящую ветвь кривой МТЗ. Но это возможно лишь при использовании аппаратуры, регистрирующей КПК с периодом менее 0,1 сек.

ЛИТЕРАТУРА

- Авагимов А. А. и др. 1969. Основные геофизические результаты применения МТЗ в Туркмении. В сб.: Магнитотеллурические методы изучения строения земной коры и верхней мантии, № 4. М.
- Владимиров Н. П. 1971. Некоторые результаты глубинных магнитотеллурических зондирований в западной части СССР. Изв. АН СССР, Сер. Физика Земли, № 1.
- Ковтун А. А., Чичерина Н. Д. 1969. Результаты магнитотеллурических исследований Средне-Русской впадины. В сб.: Магнитотеллурические методы изучения строения земной коры и верхней мантии, № 4. М.
- Тихонов А. Н., Яновский Б. М., Липская Н. В. 1966. Некоторые результаты глубинных магнитотеллурических исследований в СССР. В сб.: Изучение электромагнитного поля Земли на станции «Плещеницы» (Минск). Минск.
- Penttilä E. 1972. Crystal structure in Fennoscandia from seismological and gravimetric observations. Ann. Acad. Scient. Fennicae. Ser. A, III Geol.-Geogr., No. 110.

Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
22/VI 1973

H. ANDRA, R. VAHER, E. POBUL, Ilme JURINE

MAGNETOTELLURSETE UURIMISTE TULEMUSED EESTIS

1970.—1972. aastal mõõdeti loodusliku elektromagnetilise välja variatsioone 19 punktis (joon. 1). Tehti kindlaks, et elektrivälja polarisatsioon on valdavalt kvasilineaarne. 10 magnetotellurse sondeerimiskõvera (joon. 3) interpreteerimisel saadi Maa vahevöö ülaosas suure elektrijuhtivusega kihi keskmiseks sügavuseks Eestis 75 km.

H. ANDRA, R. VAHER, E. POBUL, Ilme JURINE

RESULTS OF MAGNETOTELLURIC SURVEYS IN ESTONIA

Magnetotelluric measurements were made in the period range of 10—200 sec at nineteen sites in Estonia, in 1970—1972. Figure 1 shows the survey area. Superimposed in this figure are our magnetotelluric sites. Arrows represent the average polarization angles for the telluric field. For ten stations the curves of scalar apparent resistivities are shown as functions of period in Figure 3. A magnetotelluric interpretation of these curves gives the mean value for the depth of the highly conducting region in the mantle as 75 km. The standard deviation of the mean, based on 8 figures for the depth, is 2.3 km. No evidence of longitudinal conductivity of the overlying poorly conducting layers could be obtained. It is desirable that the period range of the observations should be extended to 0.1 sec.