

В. Н. Тарасов, И. М. Логвинов, И. В. Гордиенко

Результаты магнитотеллурических исследований юга Воронежской антеклизы

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

На основе одномерной инверсии кривых МТЗ в земной коре и верхней мантии выделены объекты пониженного сопротивления. Приблизительно от 37° меридиана восточной долготы в азимутальных направлениях и величинах типперов четко прослеживается их разворот и изменение амплитуд, которые обусловлены аномальными особенностями региона. Проведено сопоставление полученных результатов с распределением глубинного теплового потока Земли.

В сезоны 2009–2011 гг. были выполнены исследования вариаций магнитотеллурического (МТ) поля Земли в 14-ти пунктах наблюдений в северо-восточной части Украины на территории южного склона Воронежского массива (рис. 1). Одной из причин выбора региона послужили результаты геотермических исследований, вследствие чего были обнаружены районы с повышенными значениями теплового потока (ТП).

Регистрация вариаций МТ поля осуществлялась современными цифровыми станциями с шагом 1–5 с. Интервал регистрации на каждом пункте составлял не менее 5 сут. Район исследований изобилует электрифицированными железными дорогами, что привело к большому фону помех на многих пунктах.

В данном сообщении представлены передаточные функции МТ поля, полученные в результате обработки, и их предварительная интерпретация.

Результаты обработки. Обработка вариаций МТ поля к настоящему времени на всех пунктах выполнена по одноточечной схеме с использованием современных программ [2–4]. На этапе предпроцессинга на всех пунктах были применены разработанные авторами специальные программы, позволяющие устранять помехи без искажения вариаций.

Обработка данных МТ наблюдений позволила установить магнитотеллурические и магнитовариационные (типперы) параметры в диапазоне периодов от 25 до 10800 с. Несмотря на применение программ, подавляющих помехи, МТ параметры на пунктах наблюдений, расположенных вблизи электрифицированных железных дорог, получены с большими погрешностями. Амплитуды реальных (C_u) и мнимых (C_v) частей типперов определены с точностью до 0,01–0,03, а их азимуты — до 5°.

Направление реальных частей типперов в диапазоне периодов, меньших 400 с, вдоль профиля изменяется почти на 180°. В пунктах, где азимут C_u составляет около 270°, его величина в диапазоне периодов от 70 до 400 с почти в два раза больше, чем на остальных пунктах профиля (рис. 2). Указанные признаки свидетельствуют о наличии аномалии проводимости квазимеридионального простирания.

Приблизительно в 100 км практически параллельно профилю прослеживается Днепровско-Донецкий грабен (ДДГ), суммарная продольная проводимость осадочных пород (S_{oc}) в осевой части которого достигает 1000 См [5]. Реальные части типперов в этом случае должны быть направлены перпендикулярно простиранию линиям S_{oc} , т. е. под углом 20–30° (ноль направлен на север).

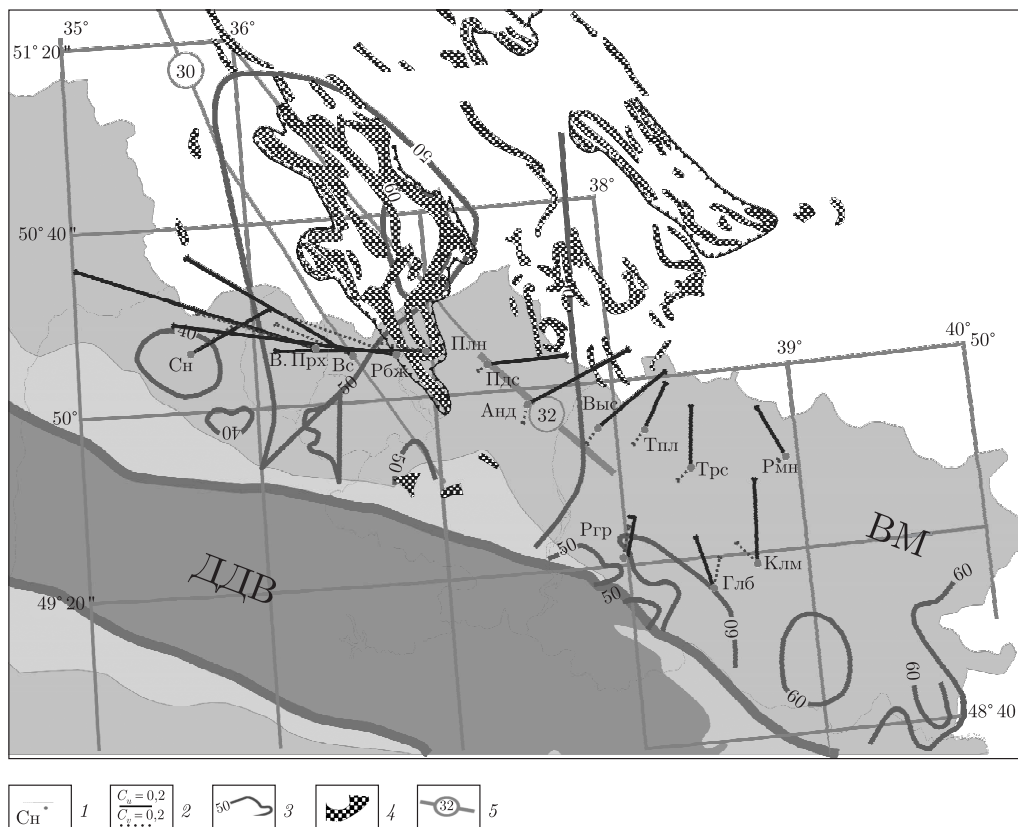


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдений (1): Сн — Сенное, В. Прх — Великие Проходы, Вс — Веселое, Рбж — Рубежное, Плн — Польное, Пдс — Подсерединое, Анд — Андреевка, Выс — Выселки, Тпл — Тополи, Трс — Тарасовка, Рмн — Романовка, Ргр — Райгородок, Глб — Голубовка, Клм — Калмыковка. Части типперов (2): реальные (C_u) и мнимые (C_v); изолинии теплового потока, мВт/м^2 (3); железистые кварциты, по [1], (4). Региональные разломы (5): Волчанско-Шабаликинский и Новооскольско-Воронцовский (цифры в кружках соответственно 30 и 32). ДДВ — Днепровско-Донецкая впадина, VM — Воронежский массив

При наличии проводящих неоднородностей квазимеридионального простирания азимуты C_u частей типперов будут отклоняться от направления, перпендикулярного простиранию максимальных значений S_{oc} в ДДГ. В результате суперпозиции аномальных полей азимут C_u должен отклоняться от направления $20\text{--}30^\circ$. Указанные признаки четко отмечаются (как видно из рис. 2) на всех пунктах с азимутом C_u около 270° . Частотный диапазон максимума C_u говорит об относительно неглубоком залегании аномалеобразующего объекта (в верхних частях земной коры).

Одномерная инверсия. В то время как магнитовариационные данные позволили получить сведения о пространственном распределении аномальной проводимости земных недр, данные магнитотеллурических зондирований (МТЗ) могут помочь исследовать распределение проводимости с глубиной. Так как кривые МТЗ приемлемого качества в достаточно широком диапазоне периодов получены только для части пунктов (рис. 3), то применение 2-D или 3-D моделирования для таких данных довольно спекулятивно. Поэтому на первом этапе ограничимся одномерной интерпретацией данных МТЗ и обсудим полученные 1-D модели в пунктах наблюдений с точки зрения оценки приблизительных диапазонов глубины распределения проводимости в регионе.

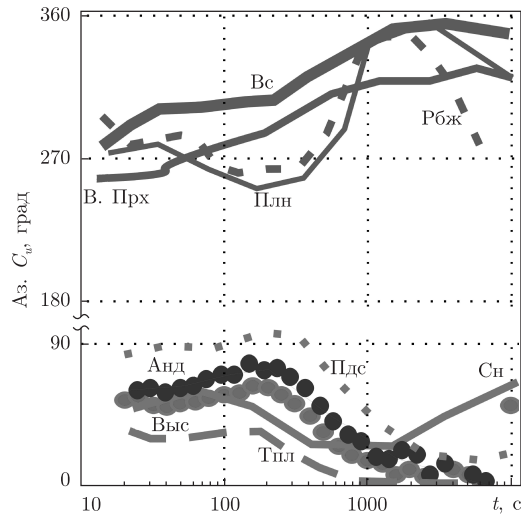


Рис. 2. Распределение азимутов C_u вдоль профиля (с запада на восток) Сенное–Романовка

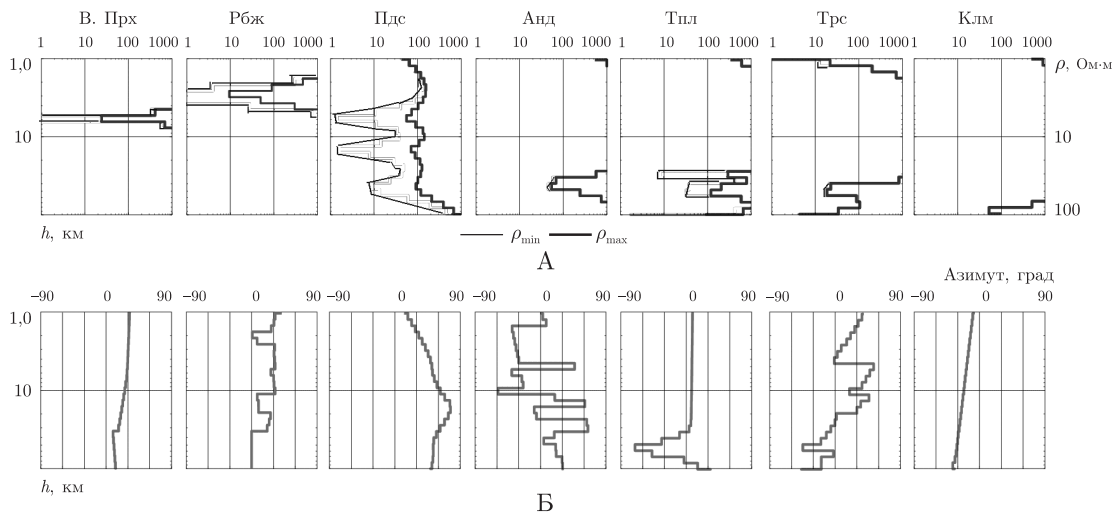


Рис. 3. Результат одномерной инверсии данных МТЗ: А — геоэлектрический разрез; Б — направление минимального сопротивления

Результат изменения геоэлектрического разреза и азимутальных кривых демонстрирует рис. 3. Пункты показаны в порядке следования с запада на восток. Частотный диапазон зондирования позволяет уверенно представить модели в диапазоне глубин 10–100 км. Метод МТЗ обладает плохой разрешающей способностью к высокоомным объектам. Поэтому значения удельного электрического сопротивления (ρ , Ом · м) выше 1000 можно рассматривать как единые (в моделях они не показаны).

В пункте В. Прх проводник отмечается на глубине приблизительно 6 км. Азимутальное направление минимального сопротивления находится в диапазоне 10–30°. Пункт Вc сложен высокоомными породами ($\rho > 1000$). Азимут изменяется в пределах -60° – 10° . В пункте Рбж слой с пониженными ρ лежит на глубине 20–35 км, азимут соответствует 0–30°.

Совершенно новые свойства обнаруживаются в пункте Пдс и продолжают далее на восток. Появляется несколько слоев с высокой проводимостью на глубинах 6, 15 и 40–50 км.

Здесь также отмечается резкий разворот направлений типперов и сокращаются амплитуды (см. рис. 1). Азимут характеризуется значениями 15–80°. В пунктах Анд, Тпл, Трс и Клм на глубинах от 28 до 60–80 км отмечаются проводящие объекты, однако значения ρ здесь несколько выше, чем в пункте Пдс. Значения азимутов сильнее варьируют в Анд и Трс (от –60° до 60°) и несколько спокойнее в Тпл и Клм (–80–10°).

Таким образом, использованная нами инверсия для анизотропной слоистой среды [6] характеризуется рядом преимуществ: а) позволяет избегать пересчета экспериментальных кривых МТЗ в выбранные направления, что сильно зависит от качества определения элементов матрицы импеданса; б) позволяет находить геоэлектрический разрез локальных структур даже в случае изменения простирания этих структур на разных периодах; в) указывает диапазоны глубин, где возможна интерпретация наблюдаемых данных изотропной моделью.

1. *Карта* структурного районирования докембрия юго-западной части Восточно-Европейской платформы: 1 : 1 000 000 / Ред. Л. С. Галецкий. – Москва: ВСЕГЕИ, 1992.
2. *Egbert G. D., Booker J. R.* Robust estimation of geomagnetic transfer function // *Geophys. J. Royal Astron. Soc.* – 1986. – **87**. – P. 173–194.
3. *Ладановский Б. Т.* Алгоритм обработки данных МТЗ // Тез. докл. “Пятое геофизические чтения имени В. В. Федынского”, Москва, 27 февр. – 01 март., 2003. – Москва: Центр ГЕОН, 2003. – С. 134–135.
4. *Varentsov I. M.* Joint robust inversion of MT and MV data // *Electromagnetic sounding of the Earth's interior (Methods in geochemistry and geophysics, 40)*. – Amsterdam: Elsevier, 2007. – P. 189–222.
5. *Логвинов И. М.* Карта суммарной продольной проводимости осадочного чехла Днепровско-Донецкой впадины по результатам двумерного моделирования электромагнитных данных // *Физика Земли*. – 2002. – **11**. – С. 94–96.
6. *Pek J., Santos F. A. M.* Magnetotelluric inversion for anisotropic conductivities in layered media // *Phys. Earth Planet. Int.* – 2006. – **158**. – P. 139–158.

*Институт геофизики им. С. И. Субботина
НАН Украины, Киев*

Поступило в редакцию 22.02.2012

В. М. Тарасов, І. М. Логвінов, І. В. Гордієнко

Результати магніотелурічних досліджень півдня Воронізької антеклізи

На основі одновимірної інверсії кривих МТЗ у земній корі та верхній мантії виділено об'єкти зниженого опору. Приблизно від 37° меридіана східної довготи в азимутальних напрямках та величинах тїперів чітко простежується їх розворот і зміна амплїтуд, що зумовлено аномальними особливостями надр регіону. Проведено зіставлення отриманих результатів із розподілом глибокого теплового потоку Землі.

V. N. Tarasov, I. M. Logvinov, I. V. Gordienko

The results of magnetotelluric investigations on the South of the Voronezh antecline

On the basis of the one-dimensional inversion of MT curves in the crust and the upper mantle, the objects with reduced resistance are marked. Approximately from 37° E, the turning of the azimuthal direction and a change of the amplitudes of tippers can clearly be seen, which is caused by anormal features of the region. The results obtained are compared with the distribution of Earth's deep heat flow.