

КОРОВЫЕ ПРОВОДНИКИ И АСТЕНОСФЕРА В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ

Карпатская аномалия электропроводности (КАЭ) прослежена путем построения и анализа векторов индукции: оценена максимально возможная глубина залегания (20-25 км) и интегральная проводимость (порядка 10^8 См×м). Истинная глубина определяется методами зондирования: МТЗ над осью КАЭ выполнено только на двух участках, на которых свойства КАЭ оказались различны. Электрическая астеносфера в Паннонском бассейне начинается на меньшей глубине (50-100 км), чем на платформах (100-250 км), но результаты неточны, местами противоречивы. Работа обосновывает целесообразность Проекта синхронных ЕМ-наблюдений вдоль оси КАЭ и в удалении с упором на МТЗ и магнитный тензор.

Ключевые слова: аномалии электропроводности; астеносфера; МТЗ; МВП; Карпаты.

Введение

В конце 1950-ых годов Хорст Визе ввел названные его именем векторы индукции (ВИ) C_w [Wiese, 1965]. Они определяются по соотношению трех компонент геомагнитных вариаций в одном пункте и характеризуют неоднородность распределения электропроводности. Векторы Визе направлены от проводника перпендикулярно направлению избыточных токов в нем.

Исследование Карпатской аномалии методом магнитовариационного профилирования (МВП)

Визе опубликовал [Wiese, 1965] 120 ВИ и зафиксировал смену направлений векторов на 180° в Западных и Южных Карпатах, т.е. фактически нашел Карпатскую аномалию электропроводности (КАЭ). В начале 60-х годов Янковский обнаружил КАЭ на территории Польши [Jankovski, 1965]. В

последующие годы МВ наблюдения интенсивно проводились в Венгрии [Adam et al. 1972], на Украине [Бондаренко и др., 1972; Рокитянский, Ингеров, 1999], в Румынии [Calota et al. 1971], в Польше и Чехословакии [Jankovski et al. 1985]. К середине 1980-ых в Карпатском регионе было получено порядка 1000 ВИ в диапазоне периодов 10–120 мин, часть из них – модульные векторы Визе, остальные – реальные C_u и мнимые C_v векторы. Каждая аномалия электропроводности (АЭ) имеет частотную характеристику аномального поля с максимумом C_u и C_w на некотором периоде T_0 . Для КАЭ T_0 лежит в интервале 900-1800 с, для этих периодов $C_w \approx C_u$ и их можно представлять совместно (рис. 1-левый). На рис. 1-правый представлены графики изменения проекции ВИ на профили, ортогональные про стиранию КАЭ. Профили 74, 78^b и 79^b, а также 76 и 77^a объединены.

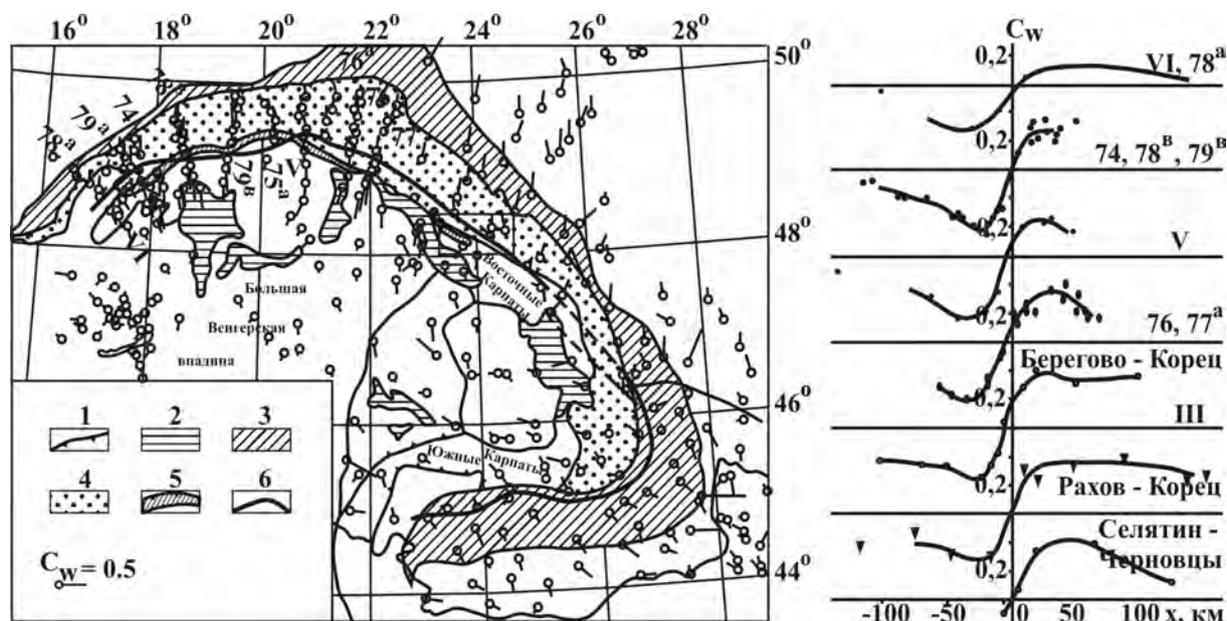


Рис. 1. Векторы индукции C_w или C_u на периоде 1800 с и Карпатская аномалия электропроводности на тектонической схеме региона:

1 – региональные разломы и надвиги; 2 – выходы неогеновых вулканических пород; 3 – Предкарпатский прогиб; 4 – Внешние (флишевые) Карпаты; 5 – Пиенинский и Мармарошский утесовый пояс; 6 – ось КАЭ. Профили МВП надписаны двумя цифрами (год наблюдений), римские цифры – номера геотраверсов. - **правый.** Графики проекций ВИ на направление профилей, нормальных КАЭ для $T=1800$ с.

В работе [Jankovski et al., 1985] по восьми профилям было определено положение эквивалентного линейного тока, глубина которого для каждого из профилей (с запада на восток) получилась равной 24, 16, 19, 18, 18, 24, 26, 21 км. Следует подчеркнуть, что эти цифры являются оценкой максимально возможной глубины h_{max} залегания центра аномальных токов. Реальные токи и сама аномалия электропроводности могут располагаться как на этой глубине, так и на любой меньшей вплоть до нуля, так как данные МВП практически не несут информации об истинной глубине аномалии. Глубина коровых АЭ определяется методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ).

МТЗ над осью Карпатской аномалии

Первые МТЗ в Карпатах были получены О. Праусом вдоль международного геотраверса VI [Praus, 1971]. Расхождение уровня и формы кривых МТЗ в различных азимутах оказалось небольшим. На всех 4-х пунктах в полосе ± 50 км от оси аномалии на периодах 25-150 с наблюдается нисходящий участок кривых МТЗ, по которому определяется проводящий слой на глубине 15-20 км.

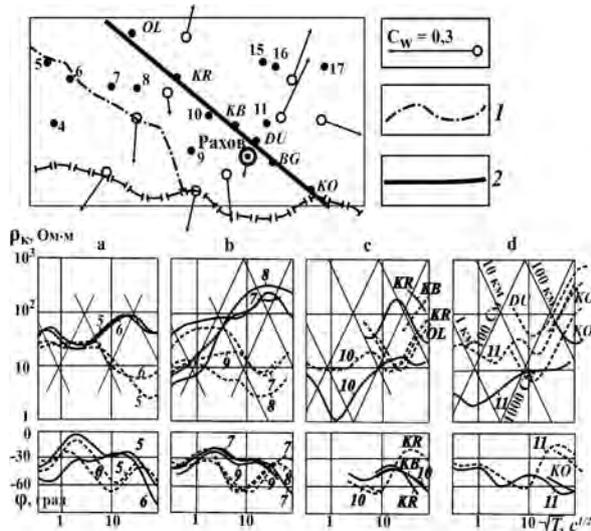


Рис. 2. -верх. Пункты МТЗ и МВП. 1– Закарпатский разлом; 2–Ось КАЭ. -низ. Кривые МТЗ: сплошные – поперечная поляризация, пунктир – продольная

Целенаправленные наблюдения МТЗ над осью аномалии выполнены на Украине в 1973-1988 г. [Рокитянский, Ингеро, 1999] Анализ данных 30 МТЗ позволил выделить 6 зон с границами параллельными простиранию Карпат. В зоне 3 между осью КАЭ и Закарпатским глубинным разломом (рис. 2) оказалось 12 МТЗ (аналоговые даны буквами, цифровые – цифрами). В интервале периодов

50-2000 с продольные и поперечные кривые ведут себя противоположно: на периодах 100-500 с продольная кривая имеет глубокий минимум, поперечная – высокий максимум. По совокупности всех продольных кривых МТЗ определена средняя глубина верхней кромки аномального проводника – КАЭ, она составляет 12 ± 4 км. Поперечные кривые почти не чувствуют корового проводника, т.е. последний является поперечно-прозрачным [Рокитянский, 1988]. В этих условиях поперечные кривые могут быть чувствительны к более глубокому проводнику - астеносфере. Длиннопериодные нисходящие ветви поперечных кривых определяют глубину этого проводника с умеренным разбросом в пределах 100-200 км.

Двумерное моделирование в районе Рахова

На рис. 3 дан результат: выделяется проводник полого погружающейся от Предкарпатского прогиба в сторону Внутренних Карпат (как и на юго-востоке Польши: надвиг или субдукция!), под осью аномалии находится его наиболее проводящая часть с интегральной проводимостью $\approx 10^8$ См \cdot м, ее малая ширина обеспечивает поперечную прозрачность аномалии. [Рокитянский, Ингеро, 1999] В рассмотренных моделях варьировались параметры астеносферы. Они влияли не очень существенно, однако наилучшее согласие с данными получилось при повышении ее проводимости в сторону Паннонского бассейна до 4000 См.

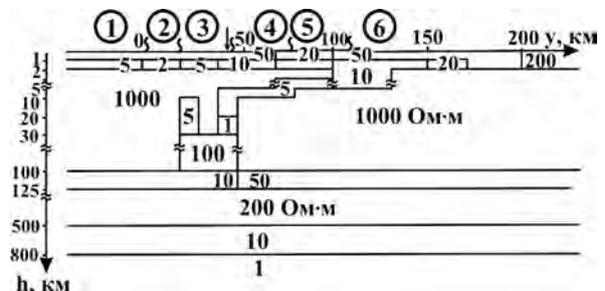


Рис. 3. Результаты 2D моделирования. Цифры в кружках – номер зоны, у направлен на ССВ

Астеносфера

Электрическая астеносфера была обнаружена А. Адамом в Венгрии и Х. Фурнье во Франции в 1960-ые годы методом МТЗ, с помощью которого, в благоприятных условиях, можно определить ее наличие и глубину h_A и, в особо благоприятных, – суммарную проводимость S_A . Наличие коровых проводников (почти повсеместное) является главным неблагоприятным фактором, в частности, в Карпатах. В Венгерском (Паннонском) бассейне $h_A = 65 \pm 20$ км [Adam et al., 1997], S_A не определено, по косвенным данным МВП и геотермики оценивается от 3 до 10 тысяч См, для Палеозойской и Докембрийской платформ $h_A \approx 00-250$ км, $S_A \approx 200-1000$ См.

Обсуждение и выводы

Обзор EM-исследований по Карпатскому региону показывает, что не все возможности методов геоэлектрики используются оптимально (МТЗ, магнитный тензор), многие моделирования, использующие только ВИ, не несут новые знания о геосреде. Несмотря на изобилие публикаций, не решена и даже не ставится задача определения глубины КАЭ. Между тем точное знание глубины важно для формирования суждений о физико-химической природе аномалии и оценки перспектив ее практического использования, то есть МТЗ над аномалией следует рассматривать как приоритетную задачу геоэлектрики в регионе. В 1970-х эта идея выдвигалась, но не получила поддержки из-за трудности ее выполнения в то время (громоздкая аппаратура, горное бездорожье...). Современные возможности позволяют рекомендовать реализацию Проекта международных синхронных EM-наблюдений вдоль оси КАЭ и в удалении от нее (в местах благоприятных для зондирования астеносферы) с упором на МТЗ и магнитный тензор.

Литература

Бондаренко А.П., Билинский А.И., Седова Ф.И. Геомагнитные вариации в Советских Карпатах. – Киев: Наук. Думка. – 1972. – 114 с.
 Рокитянский И.И. Фундаментальные модели аномалий электропроводности (1-D, 2-D) // Геофиз. журн. – 1988. – Т. 10, № 3. – С. 21-28.

Рокитянский И.И., Ингеров А.И. Электромагнитные исследования Карпатской аномалии электропроводности // Геофиз. журн. – 1999. – Т. 21, № 4. – С. 59-70.
 Adam A., Ernst T., Jankowski J., Jozwiak W., Hvozdar M., Szarka L., Wesztergom V., Logvinov I., Kulik S. Electromagnetic induction profile (PREPAN95) from the East European Platform (EEP) to the Pannonian basin // Acta Geod. Geoph. Hung. – 1997. – V. 32, № 1-2. – P. 203-223.
 Adam A., Vero J., Wallner A. Regional properties of geomagnetic induction arrows in Europe // Acta Geod., Geoph. et Mont. – 1972. – V. 7, № 3-4. – P. 251-287.
 Calota F., Calton J., Jonescu A., Soare A., Steflea V. Inregistrari de variati geomagnetice pe teritoriuls Pomaniei. P.I // Stud. Cere. Geol. Geof. Geogr., Ser Geof. – 1971. – V. 9. – P. 323-331.
 Jankovski J. Short-period variations of the Earth's magnetic field on the territory of Poland and their relations to deep substratum structure // Acta Geophys. Polonica. – 1965. – V. 13. – P. 85-105.
 Jankovski J., Tarlovski Z., Praus O., Pecova J., Petr V. The results of deep geomagnetic sounding in the West Carpathians // Geophes. J.R. Astr. Soc. – 1985. – V. 80. – P.561-574.
 Praus O. Electric conductivity of the Earth in Czechoslovakia studied by magnetotelluric and geomagnetic methods // Geophys. Final report XV Ass.IGGU. Praha: Acad., 1971. – P.162-186.
 Wiese H. Geomagnetische Tiefentellurik. – Berlin: Akademie Verlag, 1965. – 146 p.

КОРОВІ ПРОВІДНИКИ ТА АСТЕНОСФЕРА В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

I.I. Рокитянський, В.I. Бабак, А.V. Терешин

Карпатська аномалія електропровідності (КАЕ) простежена шляхом побудови та аналізу векторів індукції: оцінена максимально можлива глибина залягання (20-25 км) і інтегральна провідність (порядку $10^8 \text{ См}\times\text{м}$). Істинна глибина визначається методами зондування: МТЗ над віссю КАЕ виконано тільки на двох ділянках, на яких властивості КАЕ виявилися різними. Електрична астеносфера в Паннонському басейні починається на меншій глибині (50-100 км), ніж на платформах (100-250 км), але результати неточні, подекуди суперечливі. Робота обґрунтовує доцільність Проекту синхронних EM-спостережень уздовж осі КАЕ та на віддалі з упором на МТЗ і магнітний тензор.

Ключові слова: аномалії електропровідності; астеносфера; МТЗ; МВП; Карпати.

CRUSTAL CONDUCTORS AND ASTHENOSPHERE IN CARPATHIAN REGION

I.I. Rokityansky, V.I. Babak, A.V. Tereshyn

Carpathian electrical conductivity anomaly (CEA) is traced by construction and analysis of induction vectors from which maximum possible depth (20-25 km) and integral conductance (about $10^8 \text{ Sm}\times\text{m}$) were estimated. The true depth is determined by sounding methods: MTS over the axis of CEA was performed in only two areas in which properties of the AEC were different. Electric asthenosphere in Pannonian Basin begins at smaller depth (50-100 km) than on platforms (100-250 km), but results are not accurate, sometimes contradictory. This work proves the feasibility of the Project of synchronous EM-observations along the CEA axis and apart focusing on MTS and magnetic tensor.

Key words: electrical conductivity anomalies; asthenosphere; MTS; MVP; Carpathians.