Высокоскоростной слой мантии, на широтном сечении 36°с.ш. (рис.4) распространяющийся со стороны Азорских островов (на глубине 50-100 км) в восточном направлении под Лигуро-Прованский задуговый бассейн (Гибралтарскую дугу), под Алборанским морем погружается на глубину 250-350 км, а восточнее уходит на глубину 300-650 км.

На долготном сечении 3°з.д. (рис.3) наблюдается плавное погружение со стороны Высокого Атласа высокоскоростного слоя (на глубине 180-380 км) в северном направлении под Алборанское море. Но под Бетскими Кордильерами этот высокоскоростной слой резко, скачкообразно (в виде «слэба») опускается на глубины 450-600 км. Наличие этого высокоскоростного «слэба» увязывается со существованием глубокофокусных землетрясений (на глубине 600 км) в восточной части Испании неподалеку города Гранада.

Мантийные скоростные структуры Средиземноморья характеризуются низкоскоростной верхней мантией и высокоскоростной переходной зоной верхней мантии, в отличие от мантийных структур под более древними регионами, у которых наоборот высокоскоростная верхняя мантия и низкоскоростная переходная зона верхней мантии. Большое влияние на скоростное строение мантии под Средиземноморьем, а также на сейсмичность региона оказывают более древние структуры Африканской платформы, Восточно-Европейской платформы и Адриатической плиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гейко В.С.,. Тейлорово приближение волнового уравнения и уравнения эйконала в обратных сейсмических задачах // Геофиз. журн. 1997. Т19, №3. С.48-68.

2. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.:КДУ,2005, 560 с.

3. Гейко В.С., Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. Региональная 3-D Р-скоростная модель мантии Сарматии (юго-запад Восточно-Европейской платформы) // Геофиз.журн. 2005. Т27, №6 С.927-939.

# ТРЕХМЕРНАЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ Западной части украинского щита

# Бурахович Т.К., Кулик С.Н.

Институт геофизики им. С.И.Субботина НАН Украины, г. Киев, Украина, kulik@ndc.org.ua

С геолого-тектонической точки зрения западная часть Украины является уникальной областью, где встречаются самые разнообразные региональные тектонические структуры. Это и часть Украинского щита (УЩ) с Голованевской шовной зоной, и Волыно-Подольская плита (ВПП), и Рава-Русская складчатая зона, и Карпаты, и Предкарпатский прогиб.

Еще в 80-х годах 20 века в работе [1] авторы используют данные глубинного МТЗ, зарегистрированные на территории ВПП, для построения нормальной кривой для УЩ, в связи с тем, что предполагалось отсутствие существенных глубинных горизонтальных неоднородностей электропроводности. А уже в начале 21 века, когда был накоплен большой объем экспериментальных данных [2,3] и появились новые методы решения прямых и обратных задач [4] для сложных сред, и они были применены для построения глубинной квазитрехмерной пленочной [5] и трехмерной [6] моделей. Стало очевидно, что земная кора и верхняя мантия запада Украины являются сложными трехмерными геоэлектрическими структурами.

На западе щита, юге ВПП и северо-западе Молдавской плиты выявлена Черновицко-Коростенская аномалия электропроводности, которая характеризуется большой площадью и сложным строением (рис. 1-4).

Первые признаки аномальности данного региона проявляются практически с поверхности (глубина верхней кромки 50 метров) до 1.5 км в виде двух локальных участков с *ρ*=10 Ом⋅м и различной ориентацией в пространстве: первый – юго-запад – северо-восток, его максимальные размеры ~ 60 × 60 км<sup>2</sup> на севере Бузского мегаблока, второй – северо-запад – юго-восток, с размерами ~ 30 × 75 км<sup>2</sup> на севере зоны сочленения Бузского мегаблока и Голованевской шовной зоны (рис. 1).

Эти объекты были выделены по результатам качественной интерпретации кривых МТЗ. По данным трехмерного моделирования эти объекты гальванически связаны со следующим объектом аномалии. Это субмеридионально вытянутая вдоль 30<sup>0</sup> в.д. зона шириной 30 км от 48<sup>0</sup> до 50<sup>0</sup> с.ш. с двумя разносторонними субгоризонтальными ответвлениями: первое – на запад – в центральной части Бузского мегаблока, второе – на восток – в зоне сочленения Росинского, Бугского мегаблоков и Голованевской шовной зоны. Геоэлектрические параметры объекта: глубина верхней кромки – 3 км, мощность – 12 км, ρ=10 Ом м (рис. 2).

На глубинах с 15 до 30 км наблюдается смещение всей этой структуры на юг на 15 км, а северной границы ~ на 50 км. Южная часть этого объекта совпадает с аномальной частью Тальновского глубинного разлома (рис. 4).





### Рис. 1. Электрическое сопротивление в интервале глубин 50 м – 1,5 км

Мегаблоки: В – Волынский, Пд –
Подольский, Р - Росинский, Бг -
Бугский, Инг – Ингульский.
Шовные зоны: Гшз – Голованевская.
Разломы (цифры в кружках): 1 -
Тетеревский, 2 - Брусиловский, 3 -
Немировский, 4 - Тальновский, 5 -
Первомайский, 6 – Луцкий, 7 –
Сущано-Пержанский

*Рис. 2.* Электрическое сопротивление в интервале глубин 3 – 6 км



Первые проявления Черновицко-Коростенской аномалии электропроводности вне УЩ получены на юге ВПП в районе Черновицкой аномалии электропроводности. Эта область на глубинах от 6 до 15 км шириной более 100 км характеризуется  $\rho=10 \text{ Om} \cdot \text{м}$ , внедряется с юга и погружается на территории ВПП до глубин 15 км (рис. 3).

Именно на глубинах от 15 до 30 км размещено основное тело Черновицко-Коростенской аномалии электропроводности (рис. 4). Часть аномалии с  $\rho$ =5 Ом·м размещена в границах Росинского и Подольского мегаблоков и содержит объект высокого сопротивления около 1000 Ом·м. Западная часть этой структуры, имеющая среднее  $\rho$ =20 Ом·м, выходит за границы УЩ и простирается в двух направлениях – на юг и на юго-восток, вдоль Подольской зоны разломов до Голованевской шовной зоны.

На западном склоне УЩ в земной коре в интервале глубин 3-6 км размещается Волынская аномалия электропроводности (рис. 2), которая обладает сложными пространственными контурами и характеризуется значениями р порядка 10 Ом·м.

На северо-западе щита на границе Волынского и Росинского блоков в земной коре на глубинах между 15 и 30 км расположена Коростенская аномалия электропроводности (рис. 4). Среднее значение  $\rho$ =30 Ом·м.



Рис. 5. Модель проводника в верхней мантии с кровлей на глубине 70 км.

 восточная граница проводника (ρ=25 Ом·м) в верхней мантии в юго-западной части УЩ

В мантии УЩ также наблюдается существенно неоднородное распределение геоэлектрических параметров (рис. 5). В юго-западной части УЩ обнаружен проводник с верхней кромкой на глубине 50-70 км с р=25-30 Ом·м. Его границы проходят: северная по 50<sup>°</sup> с.ш., восточная – между 31<sup>°</sup> и 32<sup>°</sup> в.д., южная – неустановленная, южнее 48<sup>°</sup> с.ш. и западная – по 26<sup>°</sup> в.д. На западе проводник погружается до глубины 90-100 км и гальванически связан с аномалией в верхней мантии Карпатского региона.

Вопрос об аномально высокой электропроводности в недрах земной коры и верхней мантии и ее связь с эволюцией литосферы – один из важнейших и неоднозначных в геоэлектрике. Существует много версий о происхождении коровых аномалий электропроводности в границах древних щитов. Их природа также может быть разной. Высокая электропроводность может быть связана, как с ионной, так и с электронной проводимостью (в основном, сульфидов и графитов) при условии их связности, или с тем и другим одновременно.

По данным [7,8] западная часть Украины характеризуется низкими значениями скоростей продольных сейсмических волн на глубинах ниже 50 км по сравнению с Ингульским и Средне-Приднепровским мегаблоками УЩ. Изучение мантийных ксенолитов показало, что породы верхней мантии характеризуются своеобразным составом, существенно отличающимся от состава мантийных пород на тех же глубинах в соседних районах УЩ и ВВП. На площади Подольского мегаблока кимберлиты не обнаружены, но часто встречаются их индикаторные минералы [9,10]. Среди пиропов превалируют разновидности лерцолитового и вебстеритового парагенезисов. Широко распространены альмандин-пиропы эклогитового типа. Изучение состава пиропов показало, что они образовались в широком диапазоне давлений, который соответствует интервалу глубин 50-160 км. Считается, что в районе мантийной аномалии повышенной электропроводности непосредственно под земной корой мантия слабо деплетирована, метасоматически изменена и сложена эклогитами и эклогитоподобными породами, температура плавления которых ниже, чем в окружающих мантийных породах [9,10].

Выше уровня устойчивости «алмаз-графит» на глубине около 125 км углерод может быть в форме высоко проводящего графита.

Геохимические исследования позволяют предположить, что в верхней мантии имеются области с низкими значениями летучести кислорода и это обозначает, что на этих глубинах может существовать свободный углерод. Вполне возможно, что его значительная часть связана с преобразованием метанового компонента.

Древняя литосфера верхней мантии характеризовалась низкими значениями летучести кислорода. Этому окислительно-восстановительному состоянию глубинного вещества (Р около 50 кбар и T=1100-1200<sup>°</sup> C) соответствуют углерод-насыщенные флюиды с высокой концентрацией углеводородов [11].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурьянов В.Б., Гордиенко В.В., Завгородняя О.В., Кулик С.Н., Логвинов И.М. Геофизическая модель тектоносферы Украины. Киев: Наук. думка, 1985. 203 с.

2. Ingerov A.I., Rokityansky I.I., Tregubenko V.I. Forty years of MTS studies in the Ukraine // Earth Planets Space. – 1999. – 51. – P. 1127-1133.

3. Baysorovich M.M., Tregubenko V.Iv., Nasad A.G. Geoelectric heterogeneities of Ukraine's lithosphere // Геол. журн.1998. T. 2. №1. С. 23-35.

5. Белявский В.В., Бурахович Т.К., Кулик С.Н., Сухой В.В. Электромагнитные методы при изучении Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. К.: Знання. 2001. 227 с.

6. Mackie R.L., Smith J.T. and Madden T.R. Three dimensional electromagnetic modeling using finite difference equations: the magnetotelluric example // Radio Science.1994. 29. P. 923-935.

7. Гейко В.С., Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. Трехмерное Р-скоростное строение верхней мантии Украины // Геофиз. журн. 2006. Т. 28. №1. С. 3-16.

8. Гейко В.С., Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. Региональная 3-D скоростная модель мантии Сарматии (юго-запад Восточно-Европейской платформы) // Геофиз. журн. 2005. Т. 27. №6. С.3-32.

9. Цымбал С.Н. Состав верхней мантии под Украинским щитом // Геологія і магматизм докембрію Українського щита / Відп. Ред.. Щербак М.П. Київ. 2002. С. 215-218.

10. Цымбал С.Н., Цымбал Ю.С. Состав верхней мантии и перспективы алмазоносности северо-западной части Украинского щита // Мінералогічний журнал. 2003. Т. 25. № 5/6.

11. Кадик А.А. Влияние окислительно-восстановительного состояния планетарного вещества на формирование углероднасіщенніх флюидов в верхней мантии Земли // Вестник ОГГГГН РАН. №4 (10). 1999.

# РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ РЕЗОНАТОРАХ

#### Бурдакова Е.В., Глинская Н.В., Морозов В.Н.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана», г. Санкт-Петербург, labmgm@yandex.ru, palvas@mail.ru

Полученные экспериментальные данные при исследовании акустической эмиссии, возникающей при трех землетрясениях, указывают на импульсный характер эмиссии, а так же, на то, что это излучение прежде чем попасть в приемник проходит и усиливается при прохождении волноводов-резонаторов. Как известно полоса частот

при импульсном излучении определяется из соотношения:  $\Delta f \cong \frac{1}{T}$ , где Т-время, определяющее прямоугольный импульс [1]. При T=0,003 с, получим  $\Delta f = 333$ гц при T=0,03  $\Delta f = 33,3$ гц. При землетрясении возникающее аку-

стическое излучение импульсное характера проходя через грунтовые блоки различных размеров будет усиливаться за счет резонансных эффектов. Так для волновода с характерной толщиной *a*, основная частота соответствую-

щая первой гармоники определяется соотношением:  $f_1 = \frac{c_3}{a \cdot 2}$ , где  $c_3$  – скорость акустических колебаний. При зна-

чениях *а*=1 м, 10 м, 25 м, 100 м, 200 м, 500 м и *с*<sub>3</sub>=3000 м, получим f<sub>1</sub>=1500 гц, 150 гц, 60 гц, 15 гц, 7,5 гц, 3 гц.

Волноводный характер распространения импульса акустической эмиссии определяется на основе уравнения:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{p}}{\partial x^2} - \frac{1}{c_3^2} \frac{\partial^2 \mathbf{p}}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}}{\partial z^2} = 0 \tag{1}$$

где *p* – возмущение давления, *x*, *z* – вертикальная и горизонтальная декартовы координат.

Аналогичное уравнение можно записать и для случая упругих сред, где возмущение давления p заменяется на вектора  $\vec{u}_e$  и  $\vec{u}_t$  – продольных и поперечных деформаций; а  $c_3$  заменяется на скорость распространения про-

дольных и поперечных колебаний  $c_e$ ,  $c_t$  [2].

Для волновода с жесткими горизонтальными стенками решение уравнения (1) ищется в виде:

$$p(x, z, t) = p_n(z, t) \sin \frac{\pi n x}{a}, n = 1, 2...$$
 (2)

Подставляя (2) в уравнение (1) получим уравнение для определения функции  $p_n(z, t)$ 

$$\frac{\partial^2 \mathbf{p}_n}{\partial z^2} - \frac{1}{c_3^2} \frac{\partial^2 \mathbf{p}_n}{\partial t^2} - \left(\frac{\pi n}{a}\right)^2 \mathbf{p}_n = 0$$
(3)