

## ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ О. ЗМЕИНЫЙ.

Кушнир А.Н., Ширков Б.И.

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

На о. Змеиный проведены геоэлектрические исследования методом магнитотеллурического зондирования и получена длительная запись компонент электромагнитного поля. Эти материалы были обработаны, в результате чего удалось получить кривые кажущегося сопротивления, фазовые кривые и другие параметры. На основе этих данных выполнена одномерная инверсия и предварительное построение трёхмерной геоэлектрической модели.

*Ключевые слова:* эксперимент, МТЗ, МВП, глубинное строение.

Географически остров Змеиный расположен в Северо-Восточной части Черного моря. Территория представляет собой область наложения Восточноевропейской платформы и более молодых плит и складчатых комплексов. Граница платформы и более молодых образований лежит в области субширотного "шовного" разлома. К северу от о. Змеиный до широты устья лимана Сасык выделяются два горстовых поднятия, которые ассоциируются с блоками складчатого фундамента Скифской плиты - Змииноостровным и Вилковским.

Акватория Черного моря входит в состав Балтийско-Преддобруджской и Причерноморско-Северо-Кавказско-Мангышлакской нефтегазоносных и Черноморской перспективной провинций. В акватории Черного моря открыто 8 газовых и газоконденсатных месторождений. Промышленные скопления углеводородов обнаружены в отложениях верхнего мела, палеоцена, эоцена, майкопа и миоцена.

В августе 2012 года на о. Змеиный были проведены (Бурахович Т.К., Кушнир А.Н., Институт геофизики им. С.И. Субботина) экспериментальные магнитотеллурические и магнитовариационные наблюдения. Для регистрации электромагнитного поля использована магнитотеллурическая станция LEMI-417, с помощью которой регистрировались колебания трех компонент геомагнитного поля ( $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ ) и двух горизонтальных компонент геоэлектрического поля ( $E_x$ ,  $E_y$ ). Вариации взаимоперпендикулярных составляющих ( $E_x$ ,  $H_y$ ;  $H_x$ ,  $E_y$ ) хорошо коррелируют между собой на разных частотах, что видно из (рис. 1).

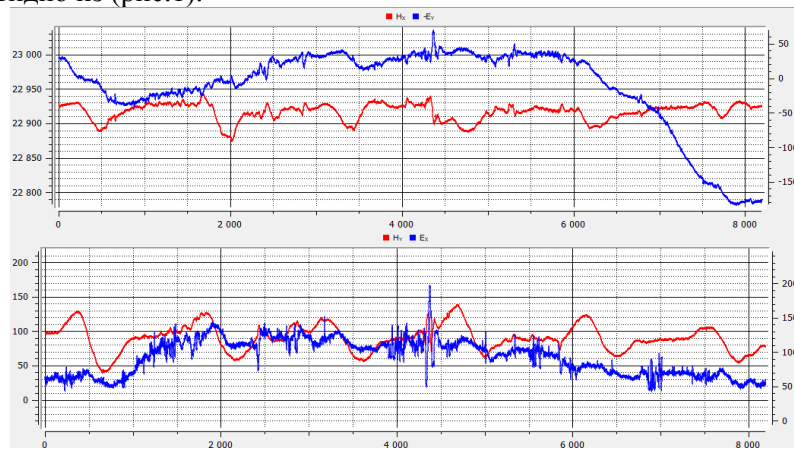


Рис. 1. Запись компонент электромагнитного поля на о. Змеиный.

Результаты экспериментальных наблюдений были обработаны с помощью программного комплекса PRC\_MTMV (система обработки магнитотеллурических и магнитовариационных данных) [1], а также с помощью программы обработки PTS [9].

В результате были получены кривые кажущегося сопротивления (кривые МТЗ) и типперы (векторы индукции) в диапазоне периодов 300 - 18000 с (по программе PTS), для периодов 10 - 4000 с (с помощью программы PRC\_MTMV), а также - полярные диаграммы кажущегося сопротивления.

Амплитудные кривые (кривые  $\rho_k$ ) и фазовые кривые кажущегося сопротивления (рис. 2), полученные с помощью программы PTS, более качественно отражают сопротивления на длинных периодах (особенно при импедансной оценке). Кривые приведены в главных направлениях, которые были определены по полярными диаграммами и составляют  $10^\circ$  и  $90^\circ$ . Четко заметны особенности

кривых МТЗ в разных направлениях. В рамках двумерной модели кривая в направлении  $10^\circ$  соответствует продольной кривой. Нужно отметить, что сопротивления на всех периодах находятся в диапазоне 1000 - 10000 Ом\*м. Амплитудная кривая значительно «задрана» вверх, что можно объяснить сильным шифт-эффектом, который возникает в результате проведения эксперимента на небольшом острове. Значительная проводимость окружающей среды сильно влияет на электромагнитное поле на острове. В то же время фазовые кривые четко попадают в диапазон глобальных данных на длинных периодах.

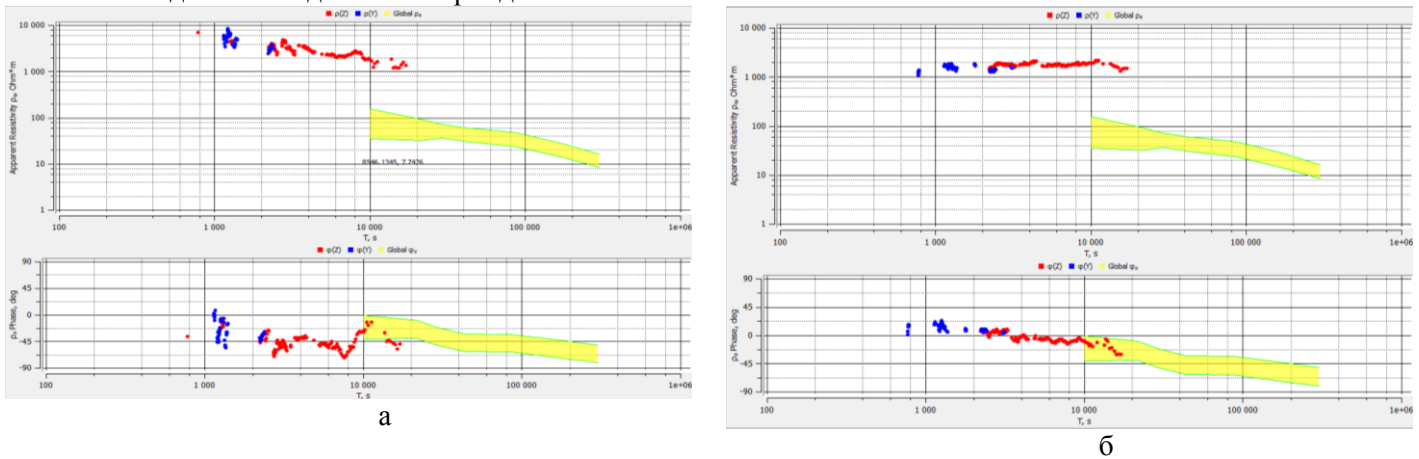


Рисунок 2. Кривые кажущегося сопротивления и фазовые кривые  $\rho_{xy}$ ,  $\phi_{xy}$  (а) и  $\rho_{yx}$ ,  $\phi_{yx}$  (б) (по программе PTS).

Максимум частотной характеристики  $C_u$  (рис. 3) наблюдается на периодах 1000 - 2000 с. Величины  $C_u$  на этих периодах составляют 0,38 - 0,4. Азимуты типперов в этом диапазоне -  $275^\circ$  -  $285^\circ$ . При увеличении периодов происходит постепенный разворот типпера в восточном направлении.

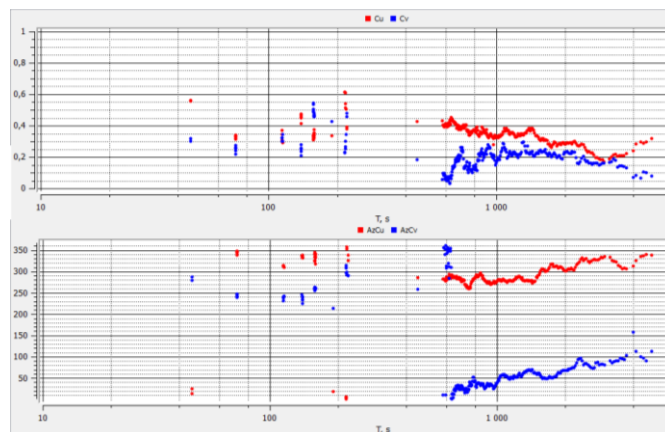


Рисунок 3. Компоненты типпера  $C_u$  и  $C_v$  и их азимуты (по программе PTS).

С помощью программы PRC\_MTMV удалось получить кажущееся сопротивление на значительно более коротких периодах (рис. 4 а), что позволяет говорить о параметрах электропроводности в верхней части разреза. Так, получена восходящая ветвь кривой кажущегося сопротивления, по которой можно судить о суммарной продольной проводимости и мощности осадочного чехла в районе о. Змеиный. Можно говорить о неоднородности верхней части геоэлектрических разреза, а также о наличии проводников (преимущественно субширотного простирания, о чем говорит различия меридиональной и широтной кривых) на глубинах порядка 50 км

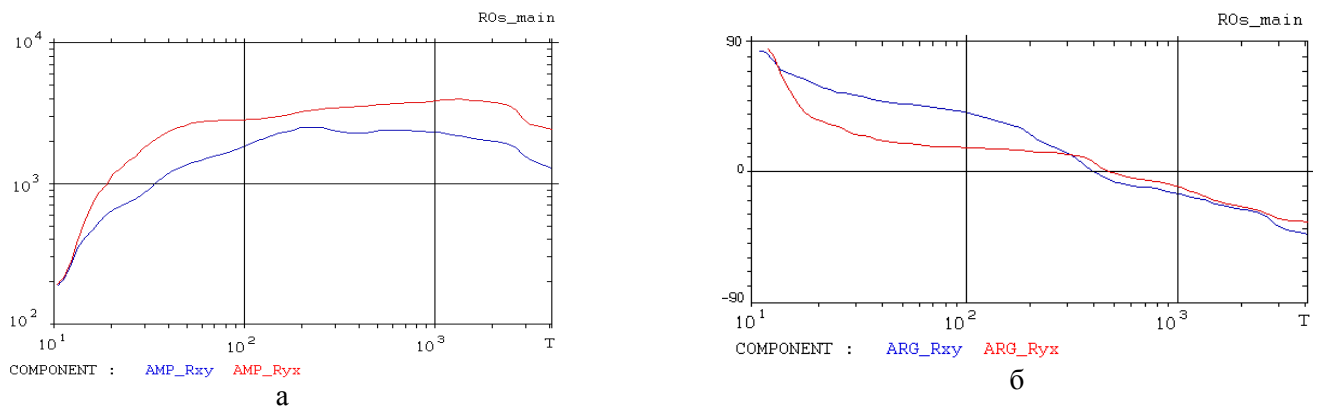


Рисунок 4. Кривые кажущегося сопротивления  $\rho_{xy}$  и  $\rho_{yx}$  (а) и фазовые кривые (б) (полученные с помощью программы PRC\_MTMV).

Фазовые кривые находятся в диапазоне от  $-90^\circ$  до  $90^\circ$ , постепенно падая с увеличением периода (рис. 4 б). На кривых имеется перегиб на периоде около 250 с и переход через ноль на периоде 300 - 350 с. Уровень фазовых кривых в различных программах обработки совпадает.

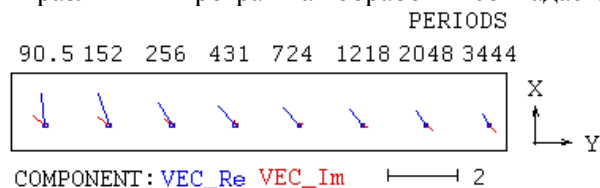


Рисунок 5. Реальная и мнимая компоненты типпера (полученные с помощью программы PRC\_MTMV).

Типперы, полученные с помощью программы PRC\_MTMV, имеют аномально высокие значения на периодах до 250 с, что может быть связано с наличием помех. Направление, в котором развёрнуты типперы, меняется от почти северного на периоде 90,5 с до  $310^\circ$  на периодах 400 - 700 с. Абсолютные величины реальной составляющей составляют 0,5 - 0,7.

По результатам проведенных полевых исследований методом МТЗ и обработки была выполнена одномерная инверсия. Она позволяет в первом приближении определить зависимость удельной электропроводности от глубины.

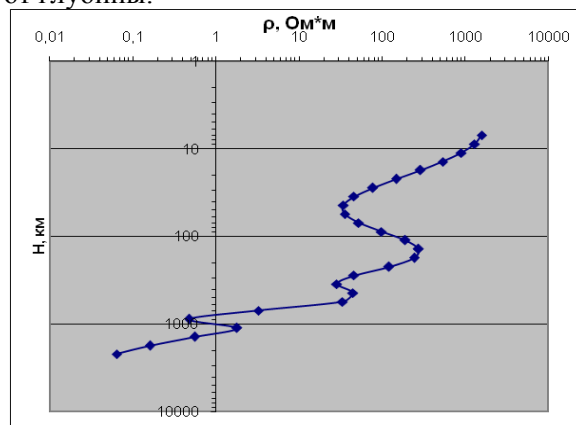


Рис. 6. Распределение удельного электрического сопротивления в земной коре и мантии по данным одномерной инверсии (о. Змеиный).

Распределение удельного сопротивления на глубине отображен в виде графика (рис. 6). Нужно, во-первых, отметить значительную неоднородность распределения удельного сопротивления и широкий диапазон его изменения от около 2000 Ом\*м на глубинах до 8 км и до 0,06 Ом\*м на 2500 км. Общий тренд - закономерное постепенное уменьшение удельного сопротивления с глубиной. На его фоне выделяются значительные отклонения. Во-первых, это резкое уменьшение рассчитанных показаний удельного сопротивления на глубинах начиная от 10 км и до 45 км, они достигают минимума. Затем идет увеличение удельного сопротивления до глубин 100-105 км. Можно говорить о наличии на этих глубинах мощного проводника теллурических токов.

В дальнейшем наблюдается падение удельного сопротивления с глубиной (до 2500 км). Общая тенденция уменьшения осложняется повышенными значениями на глубинах 500-600 км и 1000 км.

Возможно, такие изменения закономерны и поэтому следует говорить о наличии маломощных проводников с высокой электропроводностью на глубинах 200-300 км и 800-1000 км.

Выводы. Отметим сходство результатов, полученных с помощью различных программных продуктов, хотя каждый из них использует несколько разные подходы в обработке данных МТЗ и МВП. Кривые кажущегося сопротивления в ортогональных направлениях расходятся и имеют характерные особенности (области равных значений на диапазоне периодов), что говорит о наличии больших структур высокой удельной электропроводности. Полученные результаты позволяют использовать их при построении геоэлектрических моделей, в частности трехмерных.

Предварительное построение трёхмерной геоэлектрической модели показало, что на глубинах 20-100 км в разрезе проявляется проводник с удельным сопротивлением 25 Ом\*м. Пространственное расположение этого проводника совпадает с поднятым блоком фундамента с уменьшенной мощностью земной коры, который, кроме того, проявляется повышенным тепловым потоком.

Аномалия электропроводности, заложенная в модели на глубинах 20 - 100 км, занимает промежуточное положение между разломами: региональным Печенга-Камена, который, возможно, является продолжением в Черном море линиамента Тейсейра-Торнквиста, на юге и Килийским на севере. Можно предположить, что аномалия электропроводности ограничивается этими разломными нарушениями.

Такое пространственное положение проводника говорит о том, что границу Восточноевропейской платформы, скорее всего, следует проводить гораздо южнее, чем проводят сейчас или же она занимает очень большую площадь. Следует предполагать, что именно обнаруженная аномалия электропроводности и приурочена к границе Восточно плиты, а тектонические структуры южнее исследуемой зоны требуют дополнительного исследования, поскольку на данный момент их соотношение с другими элементами тектонического строения вызывает вопросы.

Эти данные согласуются с представлениями о аномалиях электропроводности в северо-западной части Черного моря [4]. Эти зоны могли возникнуть вследствие наличия флюидов, содержащих компоненты СН [10]. Такие зоны могут быть перспективными для нахождения залежей углеводородов.

1. Varentsov Iv.M. Golubev N.G. Martanus E.R. et. al. Magnetotelluric processing system PRC-MTMV its applications// Russian-German Seminar "Actual Problems in Deep EM Studies" (Extended Abstracts) Moscow. OIFZ RAN. - 1997. - P. 51-52.

2. Varentsov Iv.M., Sokolova E. Yu., the BEAR Working Group. Data processing techniques for the array EM sounding.// XV Working on EM Induction in the Earth. Cabo Frio. Brazil. - 2000. - P. 79.

3. Бурахович Т.К., Кулик С.Н., Кушнир А.Н., Зайцев Г.Н., Ганиев А.З., Шеремет Е.М., Николаев Ю.И., Николаев И.Ю. 3D геоэлектрическая модель Добруджи и Преддобруджского прогиба. - Наукові праці УкрНДМІ НАНУ збірник наукових праць. Частина 2, - Донецьк, 2011 - 532с.

4. Бурахович Т.К., Кулик С.Н. Модель электропроводности земной коры Украины.// Физика Земли. – 2000. - №10. - С.48-56.

5. Гусев Г.А., Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс в предельно энергонасыщенной геологической среде и прогноз землетрясений.// Вулканология и сейсмология. 2006. №6. С.71-78.

6. Гуфельд И.Л., Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. Научное издание. Королёв, М.О.: ЦНИИМаш, 2007. 160 с.

7. Летников Ф.А. Дегазация земли как глобальный процесс самоорганизации. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. М.: ГЕОС, 2002. С. 6–7.

8. Мегеря В.М. Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли. – Москва: Локус Станди, 2009. – 256 с.

9. Семенов В. Ю. Обработка данных магнитотеллурического зондирования. М.; "Недра", 1985.- 133 с.

10. Старостенко В. И., Бурахович Т. К., Кушнир А. Н., Легостаева О. В., Цветкова Т. А., Шеремет Е. М., Шумлянская Л. А. Возможная природа сейсмической активности недр Преддобруджинского прогиба и Северной Добруджи // Геофизический журнал – 2013 – т. 35, №1. – с. 61-75.