

### 3D ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ о. ЗМЕИНЫЙ

Представлены результаты трехмерной геоэлектрической модели о. Змеиный и прилегающих горстовых поднятий Змииноостровное и Вилковское. По предварительным оценкам получены зоны высокой проводимости на глубинах от 20 до 100 км с удельным электрическим сопротивлением 25 Ом\*м. Сделаны предположения, что изменения электрических параметров в земной коре и верхней мантии обусловлены перераспределением глубинных флюидов.

**Ключевые слова:** глубинное строение, разломы, магнитотеллурическое зондирование, кажущееся сопротивление, трехмерное моделирование, флюиды.

#### Введение

Остров Змеиный расположен в северо-западной части Черного моря. Территория представляет собой область наложения Восточно-Европейской 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. По материалам интерпретации гравитационного поля [Кабан, 2001] непосредственно под о. Змеиный и южнее его выделена положительную аномалию гравитационного поля, что свидетельствует о разуплотнении горных пород в земной коре этого района. Также данный район характеризуется повышенными значениями теплового потока [Kutas et al., 1998]. Распределение скоростей в недрах региона сложное и неравномерное. В разрезе выделяется ряд волноводов [Цветкова, Бугаенко], к их границам приурочены гипоцентры землетрясений [Старостенко и др., 2013]. Наиболее они распространены на юг и запад от о. Змеиный [Козленко и др., 2009].

Несмотря на значительный объем современных исследований, выполненных в пределах северо-западной части Черноморского шельфа степень изученности глубинного строения региона остается низкой. Современные представления о глубинной структуре региона и прилегающих площадей суши изложены в работах [Бугаенко и др., 2008; Козленко и др., 2009; Старостенко и др., 2013; Старостенко и др., 2005].

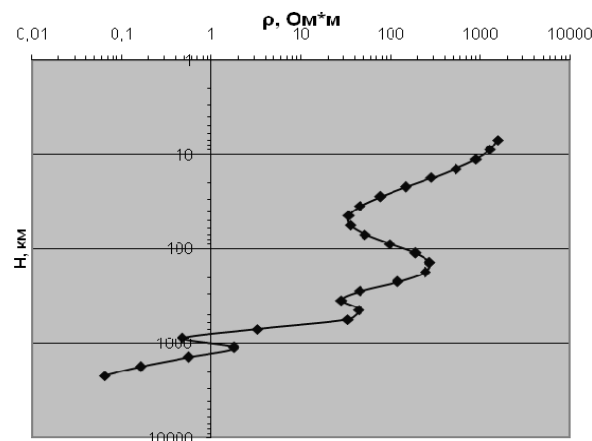
#### Трехмерная геоэлектрическая модель

В августе 2012 года на о. Змеиный были проведены (МТ) зондирования. Полевой материал обработан с помощью программного комплекса PRC\_MTMV [Varentsov et al., 1997; Varentsov, Sokolova, 2000], а также программы PTS [Ладановский, 2003; Семенов, 1985]. По результатам обработки [Ширков, Кушнір 2013], были получены кривые кажущегося сопротивления, типперы и полярные диаграммы, которые положены в основу 3D геоэлектрической модели.

На основе полученных данных [Ширков, Кушнір, 2013] выполнена одномерная инверсия

[Пальшин, 2007]. Распределение удельного сопротивления на глубине отображено в виде графика (рис. 1).

Нужно, во-первых, отметить значительную неоднородность распределения удельного сопротивления и широкий диапазон его изменения от 2000 Ом\*м на глубинах до 8 км и до 0,06 Ом\*м на 2500 км. Удельное сопротивление постепенно уменьшается с глубиной. На фоне общего уменьшения выделяются значительные отклонения. Во-первых, это резкое уменьшение рассчитанных показаний удельного сопротивления, на глубинах начиная от 10 км и до 45 км, где они достигают минимума. Затем идет увеличение удельного сопротивления до глубин 100-120 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.



**Рис. 1.** Распределение удельного электрического сопротивления в земной коре и мантии по данным одномерной инверсии (о. Змеиный)

Трехмерное численное моделирование магнитотеллурического (МТ) поля в частотной области выполнялось с использованием программы R. Maskie, реализованной на методе конечных разностей.

Верхняя часть модели до глубины 4 км полностью включает в себя толщу морской воды,

смоделированную согласно глубин и осадочный чехол. Сопротивление водной толщ составляет 0,05-0,1 Ом\*м. Сопротивление осадочных отложений, мощность которых в грабенообразных впадинах достигала 4 км, составляет 30-15 Ом\*м, уменьшаясь с глубиной. Сам о. Змеиный, а также Змииноостровное и Вилковское поднятия сложены полуметаморфизированными породами нижнепалеозойского возраста, сопротивление которых высокое и в модели было положено 1000 Ом\*м. На глубинах 20-100 км в разрезе появляется проводящая структура, которая в модели отражена субширотным проводником с удельным электрическим сопротивлением 25 Ом\*м. Его суммарная продольная проводимость составляет 3200 См.

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 Восточно-Европейской платформы, скорее всего, следует проводить гораздо южнее, чем проводят сейчас или же она занимает очень большую площадь. Следует предполагать, что именно обнаруженная аномалия электропроводности приурочена к границе Восточно-Европейской платформы, а тектонические структуры южнее исследуемой зоны требуют дополнительного исследования, поскольку на данный момент их соотношение с другими элементами тектонического строения вызывает вопросы.

### Заключение

Выделенные проводники пространственно расположены между разломами: региональным Печенга-Камена, который, возможно, является продолжением в Черном море линиамента Тейсейра-Торнквиста, на юге и Килийским на севере. Она совпадает с поднятым блоком фундамента, который характеризуется уменьшенной мощностью земной коры и повышенным тепловым потоком. Кроме того, эти данные согласуются с представлениями о аномалиях электропроводности в северо-западной части Черного моря [Бурахович и др., 2011, Бурахович, Кулик 2000]. Эти зоны могли возникнуть как результат наличия флюидов, происхождение которых связано с процессом дегазации Земли [Летников, 2002; Мегеря, 2009].

Выделенные аномалии высокой электропроводности, геоэлектрические параметры этих объектов, их пространственное и глубинное положение могут быть использованы как составная часть для формулирования представлений о глубинных геологических процессах и геологи-

ческом строении северо-западной части Черноморского шельфа.

### Литература

- Бугаенко И.В., Шумлянская Л.А., Заец Л.Н., Цветкова Т.А. Трехмерная Р-скоростная модель мантии Черного моря и прилегающей территории // Геофиз.журн. – 2008. – № 5.– С. 145-160.
- Бурахович Т.К., Кулик С.Н. Модель электропроводности земной коры Украины // Физика Земли. – 2000. – №10. – С.48-56.
- 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. – Ч. 2, – Донецьк, 2011. – 532 с.
- Геология шельфа УССР. Тектоника / Под ред. Е.Ф. Шнюкова. – Киев: Наук. Думка 1987. – 152 с.
- Кабан М.К., Гравитационная модель коры и верхней мантии Северной Евразии // Российский журнал наук о Земле. – Том 3, – № 2, – 2001.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В., Лысынчук Д.В. Глубинное строение земной коры западной части черного моря по результатам комплексной переинтерпретации геофизических данных по профилю ГСЗ 25 // Геофиз.журн. – 2009. – № 6.– С. 77-91.
- Корценштейн В.Н. Водонапорные системы крупнейших газовых и газоконденсатных месторождений СССР. – М.: Недра, 1977, – 247 с.
- Кутас В.В., Омельченко В.Д., Остроухова О.А. Эпицентры землетрясений на юго-западе Украины // Геофиз.ж 2005, – Т.27, – № 6, – С. 962-969.
- Ладановский Б.Т. Алгоритм обработки данных МТЗ // Тезисы докладов Пятых геофизических чтений им. В.В. Федьнского. – М. – 2003. – С. 134 –135.
- Летников Ф.А. Дегазация земли как глобальный процесс самоорганизации. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. – М.: ГЕОС, 2002. – С. 6-7.
- Мегеря В.М. Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли. – Москва: Локус Станди, 2009. – 256 с.
- Пальшин Н.А. Опорный разрез и электропроводность верхней мантии // Тезисы Третьей международной школы-семинара по электромагнитным зондированиям. Звенигород, 2-9 сентября, 2007 г.
- Семенов В.Ю. Обработка данных магнитотеллурического зондирования. – М.; "Недра ", 1985. – 133 с.
- Старостенко В. И., Бурахович Т.К., Кушнир А.Н., Легостаева О.В., Цветкова Т.А., Шеремет Е.М., Шумлянская Л.А. Возможная природа сейс-

- мической активности недр Преддобруджинского прогиба и Северной Добруджи // Геофизический журнал – 2013 – Т. 35, – №1. – С. 61-75.
- Старостенко В.И., Пашкевич И.К. Макаренко И.Б., Русаков О.М., Кутас Р.И. Легостаева О.В. Разломная тектоника консолидированной коры северо-западного шельфа Черного моря // Геофиз.журн. – 2005. – № 2. – С. 195-207.
- Цветкова Т.А., Бугаенко И.В. Сейсмотомография мантии под Восточно-Европейской платформой – мантийные скоростные границы. Геофизический журнал (в печати).
- Ширков Б.И., Кушнир А. Н. Геоэлектрические исследования о. Змеиный и сейсмичностью. Материалы конференции «Геоинформатика – теоретические и прикладные аспекты»: Киев, 13-16 мая 2013 г.
- Kutas R.I., Kobolev V.P., Tsvyashchenko V.A. Heat flow and geothermal modl of the Black sea depression Tectonophysics, 1998, 291p. 91-100.
- Randall L. Macki, J.Torquil Smith, Theodore R. Madden. Three-dimentional electromagnetic modeling using finite difference equations: The megnetotelluric example. Radio Science, – V. 29, – N 4, – 1994, – P. 923-935.
- 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.
- 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.

### 3D ГЕОЕЛЕКТРИЧНА МОДЕЛЬ о. ЗМІЙНИЙ

А.М. Кушнір, Б.І. Ширков

Представлені результати тривимірної геоелектричної моделі о. Зміїний і прилеглих горстових піднять Зміїноострівного і Вилківського. За попередніми оцінками отримані зони високої провідності на глибинах від 20 до 100 км з питомим електричним опором 25 Ом\*м. Зроблено припущення, що зміни електричних параметрів в земній корі і верхній мантиї обумовлені перерозподілом глибинних флюїдів.

**Ключові слова:** глибинна будова, розломи, магнітотелуричні зондування, позірний опір, тривимірне моделювання, флюїди.

### 3D GEOELECTRIC MODEL OF THE ZMIYINYI ISLAND

A.M. Kushnir, B.I. Shyrkov

The results of three-dimensional geo-electric modeling of the Zmiyinyi Island and the adjacent horst uplifts of Zmiyinyi and Vilkovske are presented. According to the preliminary estimations, the zones of high conductivity at depths from 20 to 100 km with an electrical resistivity of 25 Ohm\*m are obtained. The assumption is made that changes in the electrical parameters of the Earth's crust and upper mantle are caused by redistribution of deep fluids.

**Key words:** deep structure, faults, magnetotelluric sounding, apparent resistivity, three-dimensional modeling, fluids.