

УДК 550.837.211

## ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ

© 2017 г. Н.А. Пальшин<sup>1</sup>, Е.Д. Алексанова<sup>2</sup>, А.Г. Яковлев<sup>3</sup>,  
Д.В. Яковлев<sup>2</sup>, Р. Бревес Вианна<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова, РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup> *ООО "Северо-Запад", г. Москва, Россия*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

<sup>4</sup> *ЛАСА Проспектоис Лтд, г. Рио де Жанейро, Бразилия*

Исследования осадочных бассейнов методом магнитотеллурического зондирования выполняются уже более полувека. За последние пятнадцать лет объёмы работ этим методом возросли многократно, что потребовало развития технологии анализа, инверсии и интерпретации получаемых данных и вывело информативность метода на новый уровень, благодаря чему он стал востребованным на рынке геофизических услуг. Особенно эффективно применение магнитотеллурических зондирований в областях развития базальтовых траппов, соляной тектоники и в складчатых областях, т.е. там, где сейсмические методы сталкиваются с определёнными трудностями.

В работе рассмотрены особенности электропроводности осадочных пород и ее зависимость от петро- и гидрофизических характеристик исследуемой среды – глинистости и пористости пород, солёности флюидов и их температуры. Определены специфические требования, предъявляемые к технологии магнитотеллурических исследований в осадочных бассейнах – по сравнению с глубинными академическими исследованиями это более широкий диапазон используемых периодов и существенно более плотная сеть наблюдений.

Авторами сформулированы основные направления дальнейшего развития магнитотеллурического метода для повышения эффективности изучения осадочных бассейнов.

Методика анализа и интерпретации магнитотеллурических данных включает анализ размерности и коррекцию приповерхностных искажений, многоэтапную инверсию данных и геологическое истолкование геоэлектрических разрезов. Необходимым является целенаправленное использование априорной геолого-геофизической информации.

В качестве примеров приведены результаты геологической интерпретации магнитотеллурических зондирований, выполненных в пределах крупнейших наземных областей распространения базальтовых траппов – в бассейне Парана (Бразилия) и в Восточной Сибири (Россия), где удалось детально изучить строение осадочной толщи и идентифицировать основные геологические формации. Также представлены результаты магнитотеллурических исследований на п-ове Таймыр (Россия), благодаря которым были обнаружены аномалии электропроводности, предположительно связываемые со скоплениями газогидратов, а также выявлено несколько новых объектов, перспективных на нефть и газ.

**Ключевые слова:** магнитотеллурическое зондирование, осадочные бассейны, базальтовые траппы, солянокупольная тектоника, складчатые пояса, свойства коллекторов и покрышек, совместная и регуляризованная инверсия.

### Литература

Афанасенков А.П., Волков Р.П., Яковлев Д.В. Аномалии повышенного электрического сопротивления под слоем многолетнемерзлых пород – новый поисковый признак залежей углеводородов // Геология нефти и газа. 2015. № 6. С.40–51.

- Безрук И.А., Бердичевский М.Н., Ключкин В.Н., Куликов А.В.* Применение теории случайных функций к анализу магнитотеллурического поля // Прикладная геофизика. 1964. № 39. С.75–90.
- Бердичевский М.Н.* Электрическая разведка методом теллурических токов. М.: Гостоптехиздат, 1960. 238 с.
- Бердичевский М.Н.* Электрическая разведка методом магнитотеллурического профилирования. М.: Недра, 1968. 255 с.
- Гажула С.В.* Особенности траппового магматизма в связи с условиями нефтегазоносности Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2008. Т. 3, № 1. С.1–8.
- Дахнов В.Н.* Каротаж скважин. Интерпретация каротажных диаграмм. М.: Гостоптехиздат, 1941. 498 с.
- Дмитриев В.И., Яковлев А.Г., Голубцова Н.С., Пушкарёв П.Ю., Куликов В.А., Хмелевской В.К., Шустов Н.Л.* Магнитотеллурический метод и научная школа геофизиков МГУ // Геофизика в МГУ. Вчера. Сегодня. Завтра. 1944–2014: Сборник трудов научной конференции, посвящённой 70-летию кафедры геофизики в Московском университете. М.: Сампринт, 2014. С.80–98.
- Жамалетдинов А.А.* О флюидной природе промежуточных проводящих слоев в земной коре по результатам электромагнитных зондирований и каротажа сверхглубоких скважин // Физика Земли. 2011. № 2. С.53–63.
- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И.* Внутриплитовый вулканизм и его значение для понимания процессов в мантии Земли // Геотектоника. 1983. № 1. С.28–45.
- Рыжов А.А., Судоплатов А.Д.* Расчёт удельной электропроводности песчано-глинистых пород и использование функциональных зависимостей при решении гидрогеологических задач // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр. М., 1990. С.27–41.
- Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики: учебник для вузов по направлению “Геология”. 2-е изд. М.: Изд-во Книжный дом университет, 2005. 559 с.
- Aleksanova E.D., Alekseev D.A., Suleimanov A.K., Yakovlev A.G.* Magnetotelluric studies in salt-dome tectonic settings in the Pre-Caspian depression // First Break. 2009. V. 27, N 3. P.105–109.
- Archie G.E.* The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics // Petroleum Transactions of AIME. 1942. V. 146. P.54–62.
- Berdichevsky M.N., Bubnov V., Aleksanova E., Alekseev D., Yakovlev A., Yakovlev D.* Magnetotelluric studies in Russia: Regional-scale surveys and hydrocarbon exploration // Methods in Geochemistry and Geophysics, Electromagnetic Sounding of the Earth’s Interior: Theory, Modeling, Practice (second edition) / Ed. V.V. Spichak. Elsevier, 2015. P.379–401.
- Bedrosian P.A.* MT+, Integrating Magnetotellurics to Determine Earth Structure, Physical State, and Processes // Surv. Geophys. 2007. V. 28. P.121–16.
- Booker J.R.* The Magnetotelluric Phase Tensor: A Critical Review // Surv. Geophys. 2014. V. 35. P.7–40.
- Frank H.T., Gomes M.E.B., Formoso M.L.L.* Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Parana Basin, South America // Pesquisas em Geociencias. 2009. V. 36, N 1. P.49–57.
- Haber E., Gazit H.M.* Model fusion and joint inversion // Surv. Geophys. 2013. V. 34. P.675–695.
- Hudec M., Jackson M.* Terra Infirmis: Understanding Salt Tectonics // Earth Sci. Rev. 2007. V. 82. P.1–28.
- Jegen M.D., Hobbs R.W., Tarits P., Chave A.D.* Joint inversion of marine magnetotelluric and gravity data incorporating seismic constraints: Preliminary results of sub-basalt imaging off the Faroe Shelf // Earth Planet. Sci. Lett. 2009. V. 282. P.47–55.
- Kelbert A., Meqbel N., Egbert G.D., Tandon K.* ModEM: A modular system for inversion of electromagnetic geophysical data // Computers & Geosciences. 2014. V. 66. P.40–53.
- Keller G.* Electrical prospecting for oil // Quarterly Journal of the Colorado School of Mines. 1968. V. 63, N 2. P.1–268.

- Korja T.* How is the European Lithosphere Imaged by Magnetotellurics? // *Surv. Geophys.* 2007. V. 28. P.239–272.
- Medina E., Lovatini A., Andreais F.G., Re S., Snyder F.* Simultaneous joint inversion of 3D seismic and magnetotelluric data from Walker Ridge // *First Break*. 2012. V. 30. P.85–88.
- Patro P.B.K., Brasse H., Sarma S.V.S., Harinarayana T.* Electrical structure of the crust below the Deccan Flood Basalts (India), inferred from magnetotelluric soundings // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 163, N 3. P.931–943.
- Patro P.B.K.* MT studies for petroleum and geothermal resources: Examples with emphasis on Asian region // *Surv. Geophys.* 2017 (in press).
- Pedersen L.B., Zhang P., Rasmussen T.* Electrical conductivity structure around the Gravberg well // *Deep Drilling in Crystalline Bedrock*. V. 1. The Deep Gass Drilling in the Siljan Impact structure, Sweden and Astroblemes. 1988. P.95–103.
- Piccirillo E.M., Bellieni G., Cavazzini G., Comin-Chiaramonti P., Pertini R., Melfi A.J., Pinese J.P.P., Zantadeschi P., De Min A.* Lower Cretaceous tholeiitic dyke swarms from the Ponta Grossa Arch (southeast Brazil): Petrology, Sr-Ndisotopes and genetic relationships with the Parana flood volcanics // *Chemical Geology*. 1990. V. 89. P.19–48.
- Raposo M.I.B., Ernesto M.* Paleomagnetism of the dykes of the Ponta Grossa // *Arch. Bol. IG-USP, Publ. Esp.* 1991. V. 10. P.85–89.
- Saunders A.D., Storey M., Kent R.W., Norry M.J.* Consequences of plume–lithosphere interactions // *Magmatism and the Causes of Continental Breakup* / Eds. B.C. Storey, T. Alabaster, R.J. Pankhurst. London: Geological Society of London Special Publication, 1992. V. 68. P.41–60.
- Siripunvaraporn W.* Three-Dimensional Magnetotelluric Inversion: An Introductory Guide for Developers and Users // *Surv. Geophys.* 2012. V. 33. P.5–27.
- Smirnov M.Yu., Egbert G.B.* Robust principal component analysis of electromagnetic arrays with missing data // *Geophys. J. Int.* 2012. V. 190, N 3. P.1423–1438.
- Strack M.A., Soyer W., Hallinan S., Watts M.D.* Distortion effects on magnetotelluric sounding data investigated by 3D modelling of high-resolution topography // *GRC Transactions*. 2013. V. 37. P.521–528.
- Vozoff K.* The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins // *Geophysics*. 1972. V. 37. P.98–141.
- Yoshino T.* Laboratory electrical conductivity measurement of mantle minerals // *Surv. Geophys.* 2010. V. 31. P.163–206.