

## ПЛОЩАДНЫЕ МТ/МВ ЗОНДИРОВАНИЯ В ЗОНЕ TESZ: ЭТАП ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЬНЫХ ПОСТРОЕНИЙ

**Варенцов Ив.М.<sup>1</sup>, Иванов П.В.<sup>1</sup>, Ковачикова С.<sup>2</sup>, Рабочая группа EMTESZ-Pomerania**

<sup>1</sup> - Центр геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли РАН, Москва, Троицк

<sup>2</sup> - Геофизический институт Чешской АН, Прага

Представлены последние результаты по расширению и детализации массива синхронных магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) зондирований EMTESZ-Pomerania в Балтийском сегменте зоны TESZ и на прилегающих окраинах платформ. Рассматриваются перспективы проведения трехмерных геоэлектрических построений по накопленным данным в пределах всей литосферы на различных уровнях детальности. Приводятся карты продольной проводимости осадочного чехла и земной коры, полученные путем интеграции серии профильных моделей многокомпонентной 2D+ инверсии МТ/МВ данных и результатов квази-3D инверсии МВ данных. Обсуждаются дальнейшие шаги 3D инверсии.

*Ключевые слова:* магнитотеллурический и магнитовариационный методы, геоэлектрические модели литосферы, зона TESZ, межплатформенные шовные зоны, 3D обратные задачи

С 2002 г. в рамках международного проекта EMTESZ-Pomerania (части программы EUROPROBE/TESZ) с участием ученых из Германии, Польши, России, Украины, Финляндии, Чехии и Швеции в широких пределах Балтийского сегмента зоны TESZ (от Дании и южной Швеции по северу Германии и Польши до Белоруссии и Калининградской обл.) развертывается массив синхронных МТ/МВ зондирований с целью комплексного изучения геоэлектрической структуры литосферы на границе крупнейших европейских платформ. Эти исследования способствовали развитию и широкому применению передовых методов и технологий проведения комплексных синхронных зондирований, способных существенно подавить интенсивные регионально коррелируемые индустриальные электромагнитных шумы и обеспечить надежное совместное оценивание трех передаточных операторов: импеданса, типпера и горизонтального МВ отклика [1]. В рамках первой фазы эксперимента акцент был сделан на глубинные зондирования вдоль серии профилей, секущих зону TESZ, и совместную 2D интерпретацию МТ/МВ данных [2-5]. Затем массив EMTESZ-Pomerania был пополнен зондированиями (глубинными и разведочными), выполненными в рамках других проектов на его восточной периферии (СВ Польша, Белоруссия и Калининградская обл.). В 2012-13 проведены дополнительные зондирования и сгущена сеть наблюдений в Польше в центральной и южной частях массива. В настоящее время массив EMTESZ-Pomerania включает более 220 длиннопериодных МТ/МВ зондирований, синхронизированных с геомагнитными обсерваториями BEL, VFE, HLP, KLN, NGK и несколькими повторяемыми полевыми пунктами, а также более 300 локальных зондирований (в основном, разведочного диапазона периодов). Таким образом, обеспечено достаточно равномерное покрытие обширной территории (51-57°с.ш., 11-24°в.д.) со сгущением наблюдений в пределах ярких аномальных структур.

На рис. 1 представлена карта продольной проводимости осадочного чехла, построенная по данным имеющихся МТ зондирований, а на рис. 2 - сводная карта важнейших инвариантов всех трех исследуемых передаточных операторов для периода 1024 с, характеризующих простирание и размерность доминирующих глубинных аномалий. Большие максимальные оси амплитуд горизонтального МВ отклика отчетливо выделяют коровую аномалию, простирающуюся на СЗ в центральной части массива и далее разворачивающуюся на запад вдоль Балтийского побережья. Положение этой аномалия в плане заметно отличается от конфигурации осадочных бассейнов, наблюдаемой на рис. 1. Индукционные векторы наряду с выделением коровой аномалии отчетливо прослеживают сложную конфигурацию осадочных токовых систем на склоне Восточно-Европейской платформы (выделяя Белорусский массив и Балтийскую впадину) и в Северо-Германской впадине. Кажущиеся сопротивления, фазовые импедансные и горизонтальные МВ отклики указывают на две ветви выявленной коровой аномалии – северная характеризуется большей двумерностью, южная более трехмерна и менее выдержана вдоль простирания.

На рис. 3а,б представлены карты продольной проводимости осадочного чехла и земной коры, полученные путем интеграции 5 профильных моделей, полученных в ходе совместной 2D+ инверсии

MT/MV данных по методике, аналогичной [6]; а на рис. 3в показан исходный разрез сопротивлений вдоль наиболее представительного профиля LT-7. Результаты 2D+ инверсии для осадочных структур (рис. 3а) вполне соответствуют точечным оценкам продольной проводимости (рис. 1), полученным по более плотной сети наблюдений. На коровом же уровне построенная карта (рис. 3б) не позволяет однозначно проследить аномальные структуры между профилями P13E и P15E. Несмотря на высокое разрешение, получаемое средствами 2D инверсии [6,7], необходимость применения средств 3D интерпретации становится очевидной.

Первым шагом на этом пути стала пленочная квази-3D инверсия полного оператора горизонтального MV отклика [8]. В ней в первой пленке на глубине 1 км фиксировалась продольная проводимость осадков (рис. 1), а во второй на глубине 15 км определялась суммарная продольная проводимость коровых структур. Такой приближенный, но быстрый подход оказался весьма эффективным и позволил слитно проследить северную ветвь коровой аномалии на протяжении более 400 км (рис. 3г). Выполненная в 2012-13 г. детализация массива позволяет рассчитывать на уточнение данной модели и ее использование вместе с 2D+ оценками при построении начальной модели для методов инверсии в объемных моделях. Подготавливается решение задачи 3D инверсии полного тензора импеданса в рамках метода [9]. Использование результатов квази-3D инверсии горизонтальных MV откликов, полученных в модели, охватывающей весь массив зондирований, позволит сконцентрировать решение 3D обратной задачи в центральной части массива с наибольшей плотностью импедансных данных и существенно уменьшить вычислительные затраты, учитывая тем не менее влияние периферийных структур. В перспективе совместная 3D инверсия всех трех передаточных операторов позволит осуществить объемные построения для всего массива, в том числе на западной акватории Балтийского моря, труднодоступной для донных зондирований.

Природа исследуемых коровых аномалий приоритетно связывается с присутствием каледонских (на севере, подтвержденных глубинным бурением вблизи о. Рюген) и герцинских (южнее) графитизированных метаосадков, представляющих интерес при изучении процессов генерации углеводородов.

Исследования выполнены при частичной поддержке грантов РФФИ 11-05-00644\_а, 13-05-12094\_офим и РФФИ-ННИО 13-05-91330\_а. Авторы благодарны всем участникам Рабочей группы EMTESZ-Pomerania.

1. Varentsov Iv. M. Arrays of simultaneous EM soundings: design, data processing and analysis // EM sounding of the Earth's interior (Methods in geochemistry and geophysics, 40). New York: Elsevier. 2007. P. 263-277
2. Ernst T., Brasse H., Cerv V. et al. EM images of the deep structure of the Trans-European Suture Zone beneath Polish Pomerania // *Geophys. Res. Lett.* 2008. V. 35. L15307. 5p. doi:10.1029/2008GL034610
3. Habibian B.D., Brasse H., Oskooi B. et al. The conductivity structure across the Trans-European Suture Zone from MT and MV data modeling // *Phys. Earth Planet. Inter.* 2010. V. 183. doi:10.1016/j.pepi.2010.08.005
4. Schäfer A., Houbt L., Brasse H. et al. The North German conductivity anomaly revisited // *Geophys. J. Int.* 2011. V. 187. doi:10.1111/j.1365-246X.2011.05145.x
5. Varentsov Iv. M., EMTESZ-Pomerania WG Method of horizontal MV sounding: techniques and application in the EMTESZ-Pomerania project // *Protokoll über das 21. Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung"* (Eds. O. Ritter, H. Brasse). Potsdam: Dtsch. Geophys. Ges., 2005. P. 111-123
6. Варенцов Ив.М., Лозовский И.Н., Рабочая группа KIROVOGRAD. Массив MT/MV зондирований KIROVOGRAD: совместная 2D+ инверсия на профиле ЖИЗДРА // *Материалы VI Всероссийской школы-семинара им. М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по ЭМ зондированиям Земли.* Новосибирск: ИНГГ. 2013.
7. Varentsov Iv., Baglaenko N., Sokolova E. 2D inversion resolution in the EMTESZ-Pomerania project: data simulation approach // *Protokoll über das 22. Kolloquium "EM Tiefenforschung"* (Eds. O. Ritter, H. Brasse). Dtsch. Geophys. Ges. Potsdam. Germany. 2007. P. 143-150
8. Kovacikova S., Varentsov Iv., EMTESZ-Pomerania and KIROVOGRAD WGs. Quasi-3D inversion of horizontal MV responses within the EMTESZ-Pomerania and the KIROVOGRAD deep sounding arrays // *20<sup>th</sup> Workshop on EM induction in the Earth (Abstracts).* Egypt, Giza. 2010. S2-44. 2p
9. Siripunvaraporn W. 3D MT inversion: an introductory guide for developers and users // *Surv. Geophys.* 2012. V. 33. P. 5-27

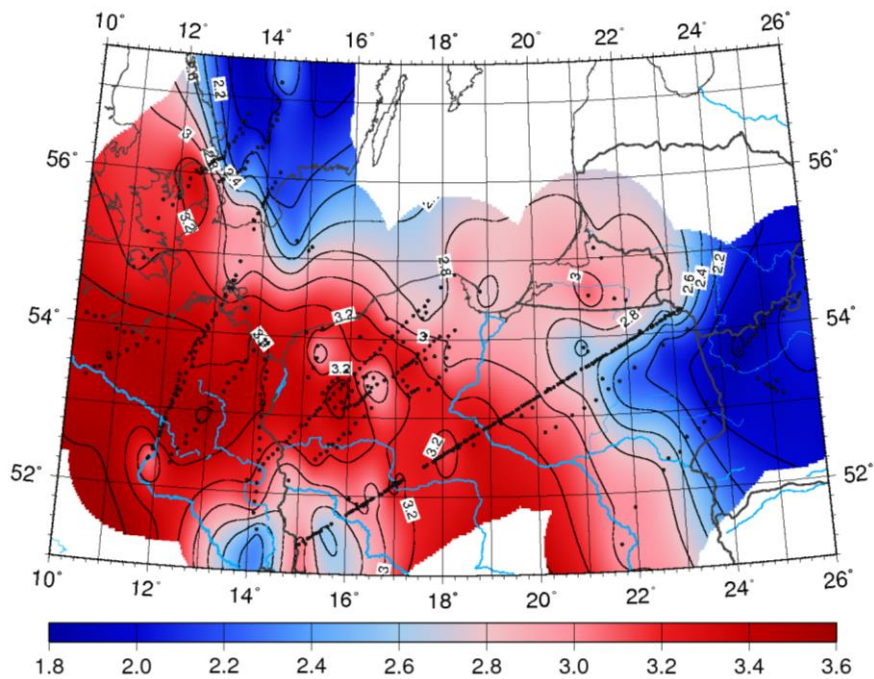


Рис. 2. Карта суммарной продольной проводимости осадочного чехла ( $C_m$ , lg-шкала), построенная по эффективным оценкам импеданса в точках зондирования массива EMTESZ-Pomerania (черные точки).

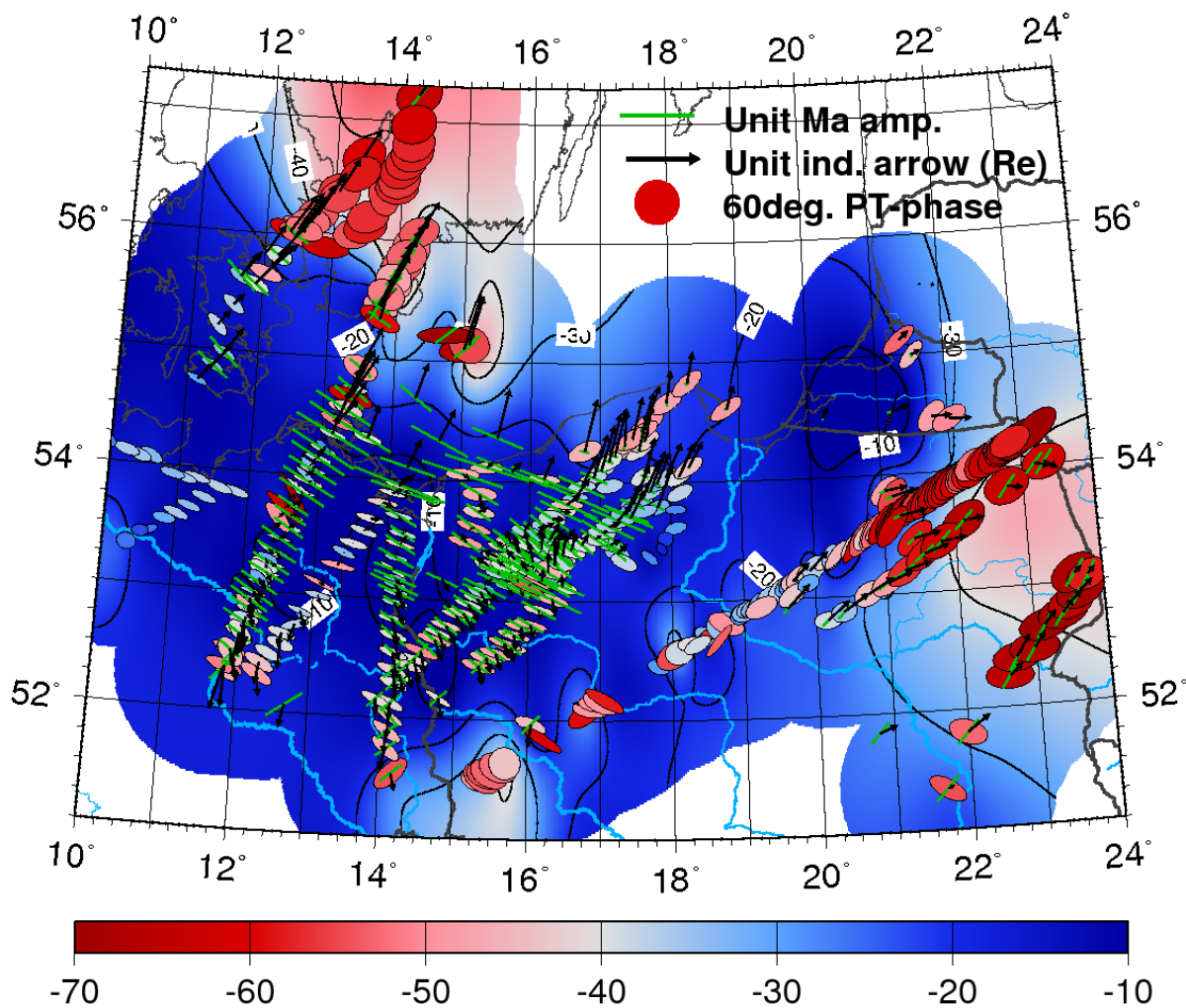


Рис. 1. Сводная карта МТ/МВ откликов массива EMTESZ-Pomerania для периода 1024 с: изолинии максимальной фазы фазового тензора импеданса и эллипсы экстремальных фаз фазового тензора импеданса (эллипсы повернуты на  $90^\circ$ , их цвет определяется величиной минимальной фазы); черные стрелки - действительные векторы индукции, зеленые штрихи - оси максимальной амплитуды горизонтальных МВ откликов (также повернутые на  $90^\circ$ ).

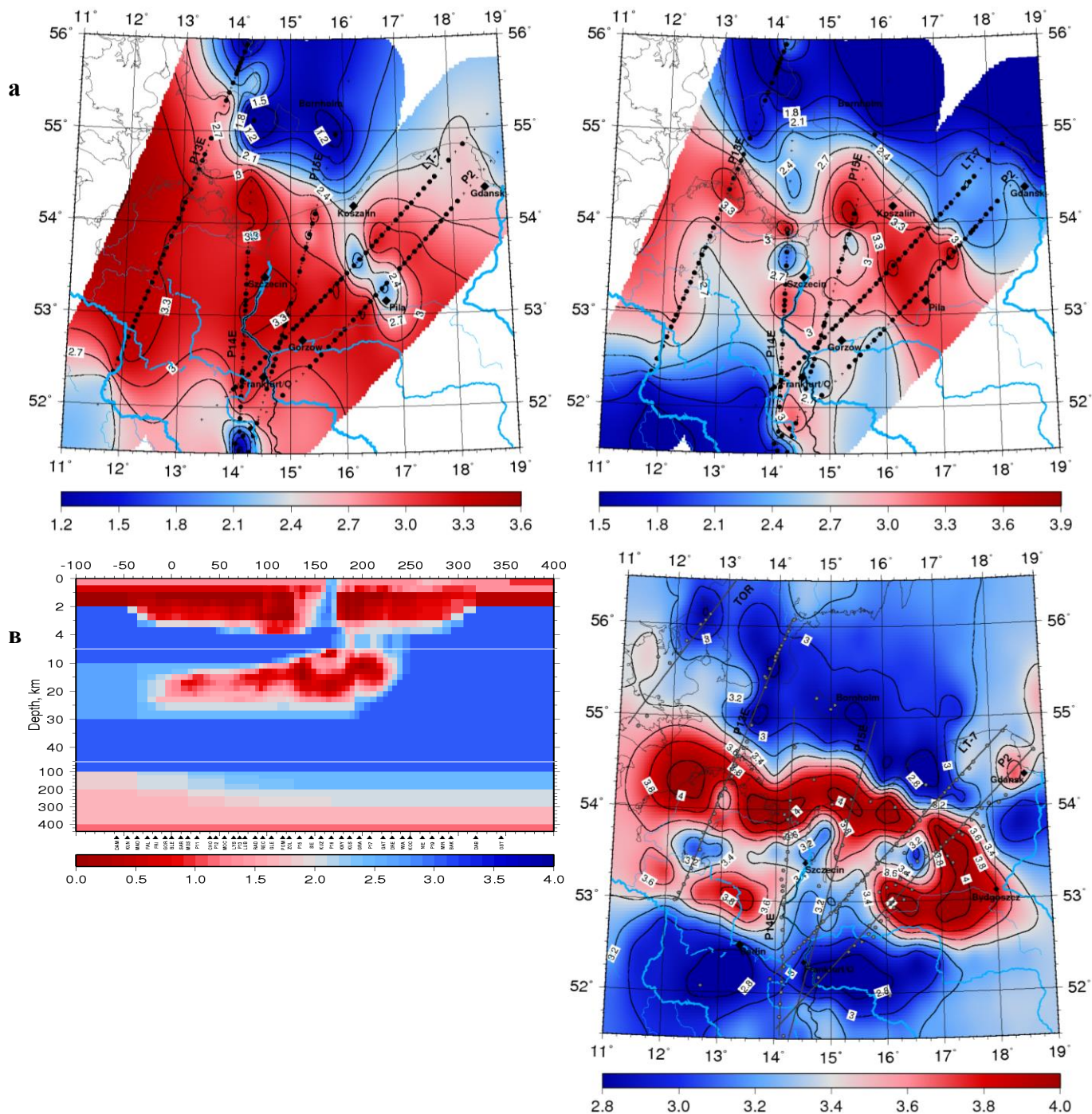


Рис. 3. Карты суммарной продольной проводимости ( $C_m$ , lg-шкала) для интервалов глубин 0-5 км (а, осадки) и 8-30 км (б, земная кора) и разрез сопротивлений вдоль профиля LT-7 (в, Омм, lg-шкала, начало координат на границе Германии и Польши), построенные в результате 2D+ инверсии МТ/МВ данных; а также карта продольной проводимости земной коры по результатам пленочной квази-3D инверсии данных горизонтального МВ отклика (г, глубина пленки 15 км).