

Результаты работ методом МТЗ по профилю Себеж-Ржев

В.А. Куликов, А.П. Ионичева, А.Г. Яковлев

МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, vic@nw-geo.ru, yaroslavtseva.anna@gmail.com,
mail@nw-geo.ru

АННОТАЦИЯ

В 2020 году студентами и преподавателями Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, в рамках проведения учебных и факультативных студенческих практик, были выполнены измерения методом МТЗ по профилю Себеж-Ржев. Общая длина профиля составила 350 км, объем данных – 40 ф.н. Данный профиль пересекает узловую тектоническую структуру Восточно-Европейского кратона - Слободской тектоно-геодинамический узел. Ранее данная территория рассматривалась как Верхневолжский мантийный плюм (Оровецкий, 1990) или центр раскола континентов (Зоненшайн и др., 1990). Было проведено более 50 вариантов 2D инверсии с разными наборами входных данных, параметрами сглаживания, сетками моделирования. Модель УЭС, построенная на основе многочисленных результатов инверсии, дает новую информацию, которая в совокупности с анализом гравитационного и магнитного полей уточнит детали глубинного строения в зоне сочленения крупных разновозрастных сегментов земной коры Восточно-Европейского кратона.

Ключевые слова: магнитотеллурические зондирования, коровые проводники, Восточно-Европейский кратон

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени наибольшей популярностью пользовалась схема строения докембрийского фундамента ВЕК, составленная С.В. Богдановой, которая выделила три крупнейших сегмента древнего кратона: Фенноскандинавский, Сарматский и Волго-Уральский, разделённые сутурными зонами (Богданова, 1986). Пространственное сочленение этих сегментов происходило 2-1.7 млрд. лет назад и сопровождалось коллизионными процессами – орогенезами (Bogdanova et al., 2008 и др.).

Исследования последних лет позволили уточнить и детализировать схему С. Богдановой на основе комплексных геолого-геофизических работ, результаты которых были опубликованы в ряде монографий (Минц и др., 2010; Колодяжный, 2018; Моралев и др., 1998; Чамов, 2016; Гарецкий, Каратаев, 2011 и др.).

Процесс сближения Фенноскандинавской, Сарматской и Волго-Уральской плит в начале раннего протерозоя предопределил возникновение и последующее развитие на границах этих сегментов в зоне тройного их сочленения трех крупных линейных глубинных разломов мантийного заложения, корнями связанных с астеносферой (Гарецкий, Каратаев, 2009).

Единым центром сближения трех крупных сегментов коры ВЕК является Слободской узел, а главным энергетическим фактором, стягивающим плиты, являются не внешние по отношению к узлу силы и процессы, а

особенности глубинных тектонофизических процессов, протекавших в мантии в позднеархейское-раннепротерозойское время непосредственно под Слободским узлом.

Работы, проведенные группой сотрудников кафедры геофизики Геологического факультета МГУ по профилю Себеж-Ржев методом магнитотеллурического зондирования, были направлены на изучение глубинного строения Слободского узла. Одной из задач исследования был поиск фактов, подтверждающих теорию существования так называемой «черной дыры», в которую втягивались верхние литосферные слои Фенноскандинавской, Волго-Уральской и Сарматской плит. А также уточнения связи Слободского узла с системой среднерусских авлакогенов.

МЕТОДИКА

При проведении работ использовались магнитотеллурические станции "МЭРИ-ПРО", разработанные в компании ООО "Северо-Запад" (г. Москва), с датчиками магнитного поля IMS-010 (ООО «Вега», г. Санкт-Петербург). Велась съемка пяти компонент электромагнитного поля. Приемные линии MN=80м и индукционные датчики ориентировались на магнитные север (X) и восток (Y). Работы проводились 4-5 станциями в синхронном режиме, что позволило использовать обработку Remote для борьбы с локальными электромагнитными помехами. Длина записи в среднем составляла 20 часов. Обработка данных осуществлялась в программе EPI-KIT, разработанной в ООО "Северо-Запад".

В районе исследований нет электрифицированных железных дорог, которые являются одним из основных источников помех для метода МТЗ, что позволило получить данные хорошего качества почти на всех пикетах профиля. Уменьшить влияние локальных помех удалось с помощью использования синхронных наблюдений.

В процессе обработки были рассчитаны компоненты тензора импеданса, матрицы векторов Визе, а также горизонтальный магнитный тензор (ГМТ), для расчета которого использовались материалы с магнитной обсерватории Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта, расположенной в п. Борок Ярославской области, взятые из открытых источников.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Профиль Себеж-Ржев располагается в области относительно высоких значений суммарной продольной проводимости осадочного чехла (S), что снижает чувствительность к геоэлектрическим параметрам более глубоких частей земной коры. В итоге неоднозначность интерпретации возрастает и расширяется область эквивалентных моделей УЭС, удовлетворяющих исходным данным.

Для поиска оптимального решения мы провели 1D и 2D инверсию МТ-данных с использованием разного набора компонент, одномодальную и бимодальную, с использованием стартовой модели и от модели однородного полупространства (ОПП).

Первый набор 2D решений был получен от модели ОПП. УЭС ОПП изменялось в диапазоне 100-1000 Ом·м (сопротивление фундамента).

Второй набор решений был получен от двухслойной модели, где в стартовой модели задавались мощность и сопротивление осадочного чехла. Для создания модели использовались материалы карты «Гипсометрическая схема поверхности кристаллического фундамента Московской синеклизы» (1995 г). Редактор – Д.Л. Федоров. В создании карты участвовали: НТЦ «Рифей», АО «Костромагеофизика», ГНПП «Спецгеофизика», Центр ГЕОН и др.

На основе большого количества решений была построена осредненная модель УЭС, в которой выделились устойчивые структуры геоэлектрического разреза.

На всех моделях от ОПП по эффективным кривым мы получаем зону пониженных значений УЭС (около 300 Ом·м) на фоне 1000 Ом·м на флангах профиля между точками МТЗ № 26 – 9. Ширина этой зоны 140 км. Можно сказать, что максимально она проявлена в восточной части, и наклон этой зоны западный, близкий к вертикальному. Особенно ярко это видно на

моделях, где в инверсии не участвуют типперы. В большинстве вариантов инверсии на глубинах больше 100 км в западной части профиля мы имеем более низкие сопротивления, чем в восточной, т.е. мощность литосферы в восточной части больше.

В приповерхностной части разреза получаем мощный проводящий слой, характеризующийся плавным увеличением УЭС вплоть до глубин 15-20 км. Если взять мощность горизонта, где УЭС менее 10 Ом·м, то она по профилю изменяется от 1 до 4 км, достигая максимума в районе п. Западная Двина на участке длиной около 40 км. На результатах бимодальных инверсий пространственные границы проводника не изменяются, но уровень УЭС в аномальной зоне снижается до десятков Ом·м.

При увеличении веса типперов более ярко проявляется поверхностный проводник (также как при инверсии от ОПП).

В инверсиях от модели ОПП центр проводящей зоны в коре находится примерно в районе г. Великие Луки. Проводящая зона практически субвертикальная с небольшим наклоном в восточном направлении. Завышена мощность осадочного чехла.

При инверсии от модели с проводящими осадками характер коровой аномальной зоны изменяется. Наблюдается контрастная вертикальная граница в земной коре в районе т.т. МТЗ № 3-5 (восточнее г. Великие Луки). Ширина проводящей зоны составляет около 100 км в западной части модели, в основании коры на глубине более 100 км фиксируется проводник (рисунок 1).

На основании анализа главных направлений тензора импеданса и фазового тензора был выполнен поворот кривых на 30° ССВ. Это направление подтверждается простиранием региональных аномалий гравитационного и магнитного поля.

Основное отличие модели УЭС от результата, полученного с исходными кривыми, заключается в сужении субвертикальной проводящей зоны за счет смещения восточной границы с т. МТЗ № 8-9 в западном направлении на т. МТЗ № 1-2.

При инверсии повернутых кривых от стартовой двухслойной модели наблюдается смещение границы между высокоомным и проводящим блоками еще больше на запад, в район г. Великие Луки. При этом западная граница проводника имеет более ярко выраженный западный наклон (рисунок 1).

Выводы

Практически все исследователи подтверждают наличие в изучаемой области ВЕК шовной зоны или границы северо-восточного направления между крупными блоками ВЕК.

На карте С. Богдановой - это граница, разделяющая Свекофенский ороген палеопротерозойского возраста и архейско-палеопротерозойские блоки Сарматии и Волго-Уралии.

На карте С.Ю. Колодяжного здесь выделяется граница внутри протерозойского пояса, которая отделяет Южноприбалтийский блок.

По Н.П. Чамову, аномалия коровой проводимости на профиле Себеж-Ржев совпадает с положением Слободского узла, а Валдайскому поясу отвечает зона максимальных мощностей осадочного чехла, которая создает наиболее яркие аномалии магнитотеллурических параметров.

По мнению большинства авторов, данная граница представляет собой палеорифтовую рифейскую зону, по которой потом развивались среднерусские авлакогены.

По результатам интерпретации магнитотеллурических данных очевидно, что профиль Себеж-Ржев пересекает две принципиально разные аномалиеобразующие структуры.

Одна граница глубинная, она слабо проявляется на первичных данных МТЗ, и ей отвечает субвертикальная зона пониженных сопротивлений верхней и средней коры. Ось проводника проходит между городами Великие Луки и Себеж.

Ось второй, ярко проявленной в МТ-полях аномальной области, проходит в районе п. Западная Двина. По данным бурения, на данном участке установлено увеличение мощности осадков - это Валдайский грабен или авлакоген. Из-за экранирования высокой проводимостью осадков сложно сказать, существует ли под авлакогеном зона пониженных УЭС в земной коре.

Таким образом, аномалия суммарной продольной проводимости и смена знака компоненты W_{zy} в центре Валдайского грабена связаны с увеличением мощности проводящих осадков, а глубинная субвертикальная зона пониженных УЭС к западу от города Великие Луки картирует региональную границу между крупными сегментами ВЕК. Природа коровой проводимости скорее всего флюидная – повышенная трещиноватость и обводненность в пределах палеорифтовой зоны.

ЛИТЕРАТУРА

Богданова С.В., 1986 Земная кора Русской плиты в раннем докембрии (на примере Волго-Уральского сегмента). М.: Наука

Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И., 2009 Слободской

тектоно-геодинамический узел Восточно-Европейской платформы. Литасфера № 2 (31), с 49–66

Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И., 2011 Тектоногеодинамическая модель сочленения Фенноскандинавского и Сарматского сегментов Восточно-Европейской платформы. Геология и геофизика т 52(10), с 1557–1566

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М., 1990 Тектоника литосферных плит территории СССР, Т. 2. М., Недра, с 334

Колодяжный С.Ю., 2018 Долгоживущие структурные ансамбли Восточно-Европейской платформы. Статья 1. Тектоника фундамента. Изв. вузов. Геология и разведка № 2, с 5-13

Минц М.В., Сулейманов А.К., Бабаянц П.С., Белоусова Е.А., Блох Ю.И., Богина М.М., Буш В.А., Докукина К.А., Заможная Н.Г., Злобин В.Л., Каулина Т.В., Конилов А.Н., Михайлов В.О., Натапов Л.М., Пийп В.Б., Ступак В.М., Тихоцкий С.А., Трусов А.А., Филиппова И.Б., Шур Д.Ю., 2010 Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и Татсейс. М.: Геокарт; ГЕОС

Моралев В.М., Балуев А.С., Глуховский М.З., Ларин Н.В., Пржиялговский Е.С., Терехов Е.Н., 1998 Структурное положение проявлений среднепалеозойского магматизма на Восточно-Европейской платформе. Изв. вузов. Геология и разведка № 2, с 16-27

Оровецкий Ю. П., 1990 Мантийный диапиризм. АН УССР, Ин-т геофизики им. С. И. Субботина. - Киев: Наук. Думка

Чамов Н.П., 2016 Строение и этапы развития катаплатформенного чехла среднерусско-беломорской провинции, Литология и полезные ископаемые № 6, с 547-563

Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatshev R., Kheraskova T.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Volozh Yu.A., 2008 The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia, Precambrian Res. pp 23-45

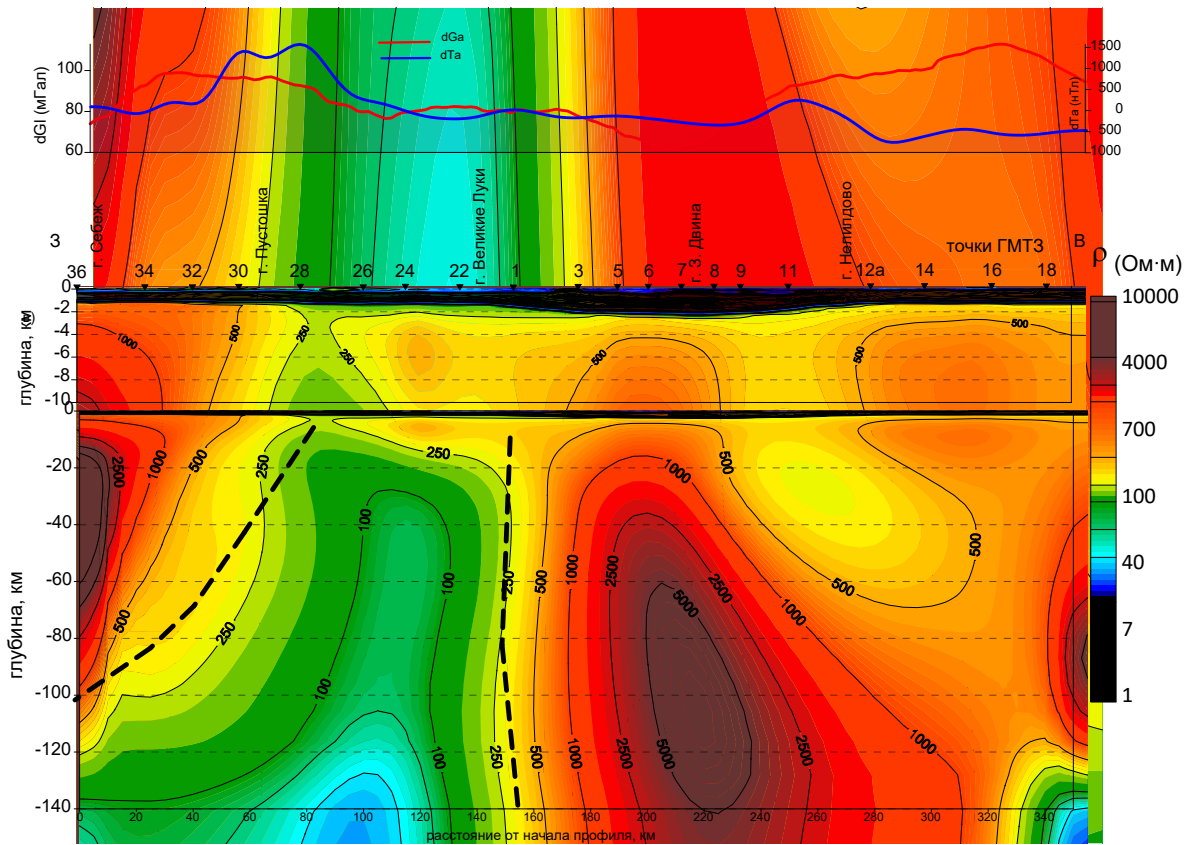


Рисунок 1. Осредненная модель УЭС, полученная по результатам бимодальной инверсии от стартовой модели с осадочным чехлом.