

кристаллического фундамента (разлому). Северо-восточный блок либо имеет пониженную плотность, относительно юго-западного либо северо-восточный блок опущен по отношению к юго-западному. Локальная аномалия очень ярко видна на фоне общего понижения гравитационного поля. На вертикальной производной наблюдаются 2 дополнительных экстремума. Это свидетельствует о том, что локальная аномалия связана с объектом, близким по форме к горизонтальному круговому цилиндру. То есть аномальный объект имеет форму близкую к горизонтальному круговому цилиндру. Так как дополнительные экстремумы на вертикальной производной не ярко выражены, то аномальный объект немного вытянут в вертикальном направлении. Ширина локальной аномалии гравитационного поля при амплитуде $\frac{1}{2}$ значения от максимума составляет 300 метров. Таким образом, глубину центра аномального объекта можно оценить в 120-150 метров.

Выводы

Результаты наземной гравиразведочной съёмки позволяют уверенно картировать палеоруслу в городе Санкт-Петербург и Ленинградской области. Эти результаты могут быть использованы при проектировке новых веток метрополитена.

Палеоруслу, с которым связан размыв между станциями Площадь Мужества и Лесная ярко проявляется в аномальном гравитационном поле в виде отрицательной аномалии. Палеоруслу имеет изометричное сечение и вытянуто в вертикальном направлении. Геометрический центр сечения находится на глубине около 120-150 метров.

Достигнутая точность измерений (0.003 мГал и 5 мм) делает перспективным реализацию мониторинга гравитационного поля на участке размыва между станциями Лесная и Площадь Мужества. Мониторинг позволит наблюдать изменения аномального гравитационного поля во времени. Эти изменения могут быть связаны с различными процессами, в том числе приводящими к катастрофическим последствиям.

Список литературы

1. Веселов К.Е., Мудрецова Е.А., Сучкова Р.В. Инструкция по гравиметрической разведке //Всесоюзный научно-исследовательский институт геофизических методов разведки, Москва, 1975 г., 88 с.

ИЗУЧЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОГО ТЕКТОНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО УЗЛА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Иванов П.В. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН, г. Москва, pavel.vl.ivanov@gmail.com),

Астапенко В.Н. (НПЦ по геологии, г. Минск),

Баглаенко Н.В. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН, г. Москва),

Варенцов Ив.М. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН, г. Москва),

Леонов М.Г. (ГИН РАН, г. Москва),

Лозовский И.Н. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН, г. Москва),

Пушкарёв П.Ю. (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва),

Родина Т.А. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН, г. Москва)

Аннотация. Рассматривается область схождения трёх сегментов Восточно-Европейской платформы –Фенноскандии, Волго-Уралии и Сарматии – расположенная на западе Смоленской области по обе стороны от российско-белорусской границы. Существует гипотеза о современной геодинамической активности в данной зоне, в ходе которой возникает центростремительная конвергенция литосферных плито-потоков. Мы применяем магнитотеллурические методы зондирования для проверки этой гипотезы и детального исследования глубинной аномалии электропроводности, выявленной в этой зоне ещё в 1990-ые годы.

Ключевые слова: Восточно-Европейская платформа, литосферные плиты, электромагнитное поле, магнитотеллурические и магнитовариационные зондирования

Изучение особенностей внутриплитной тектоники, а именно тектонического строения и развития тектоно-геодинамических узлов – областей схождения трёх и более литосферных плит – является важным направлением в науках о Земле. В данной статье представлены результаты первого года выполнения проекта СМОЛЕНСК, целью которого является изучение геофизическими методами зоны сочленения трёх крупнейших сегментов Восточно-Европейской платформы (рис. 1) для диагностики процессов современной геодинамической активности и для проверки гипотезы о существовании в этой зоне центростремительной конвергенции литосферных плито-потоков [1] (рис. 2). Данная гипотеза основана на многочисленных факторах, таких как радиальное схождение шовных зон и авлакогенов, кольцевое расположение разломов, формирующих воронкообразную структуру, аномальное строение магнитного поля с элементами вихревого закручивания аномалий, региональная отрицательная аномалия гравитационного поля.

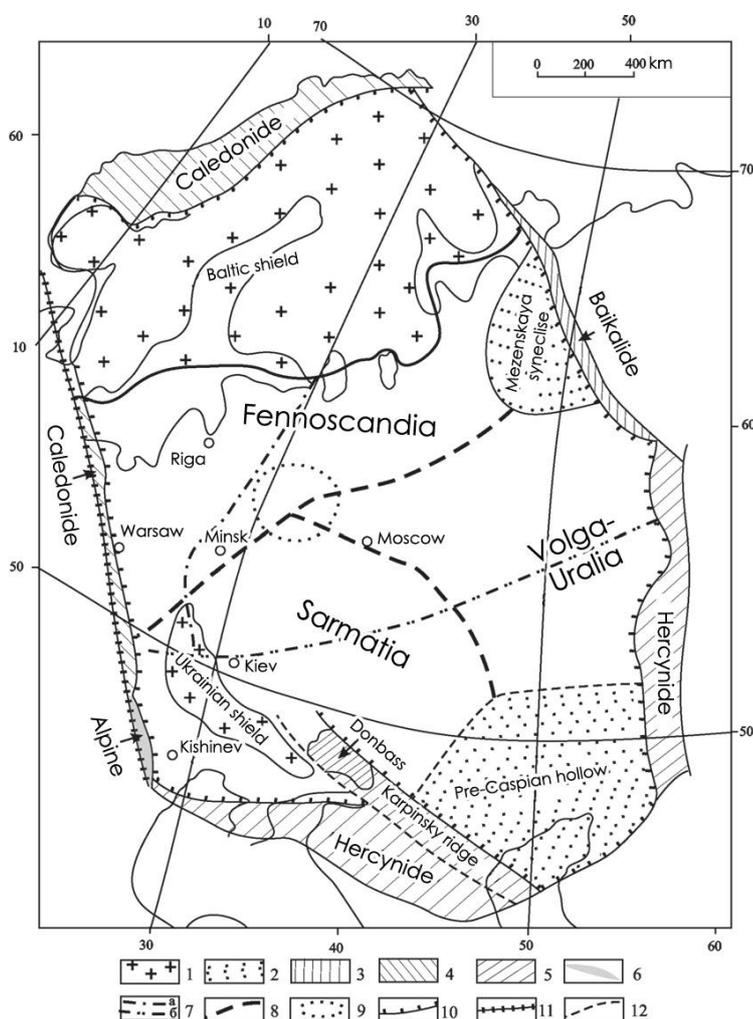


Рис. 1. Схема, показывающая некоторые особенности тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы. 1 – выходы фундамента на поверхность земли (Балтийский и Украинский щиты); 2 – наиболее глубокие впадины (Прикаспийская) и синеклизы (Мезенская); 3-6 – окраинные аллохтонные структуры: 3 – байкалид (Тиман), 4 – каледонид, 5 – герцинид (Урал, фундамент Скифской плиты), 6 – альпид (Карпаты); 7 – главные тектонические оси платформы: а – субмеридианальная, б – субширотная; 8 – границы сегментов фундамента платформы (Фенноскандии, Волго-Уралии, Сарматии); 9 – Слободской тектоно-геодинамический узел; 10 – надвиги окраинных аллохтонных структур – граница платформы; 11 – линия Тейссейра-Торнквиста Трансевропейской сутурной зоны; 12 – разломы.

Рассматриваемая зона сочленения плит расположена в северо-западной части массива площадных магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) зондирований международного проекта КИРОВОГРАД[2], в которой имеется единственный меридиональный профиль Гомель-Витебск (рис. 3), выполненный в начале 1990-ых годов с аппаратурой ЦЭС-2. Несмотря на невысокое качество этих данных, они позволили выявить глубинную проводящую аномалию в исследуемой узловой зоне. Современные возможности синхронных МТ/МВ зондирований позволяют проводить высокоточную многоточечную обработку данных, основанную на робастных методах и значительно подавляющую электромагнитные

(ЭМ) помехи различной природы, и выполнять 2D+ и 3D инверсии различных наборов МТ/МВ данных [3-4], изучая корово-мантийную структуру тектоносферы до глубин в первые сотни км. В рамках проекта СМОЛЕНСК мы планируем выполнить 25-30 синхронных МТ/МВ зондирований с целью площадного и глубинного уточнения выявленной аномалии электропроводности, а также установить несколько сейсмологических станций для построения скоростных разрезов в исследуемой области.

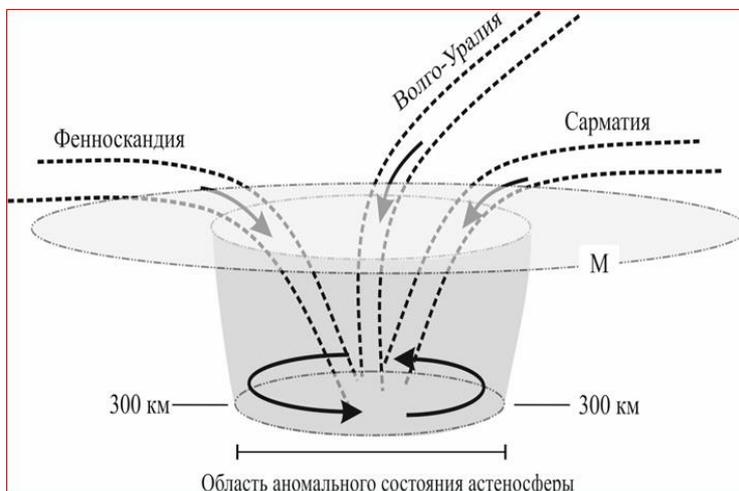


Рис.2. Принципиальная схема строения крупнейшего тектоно-геодинамического узла Восточно-Европейской платформы по [1].

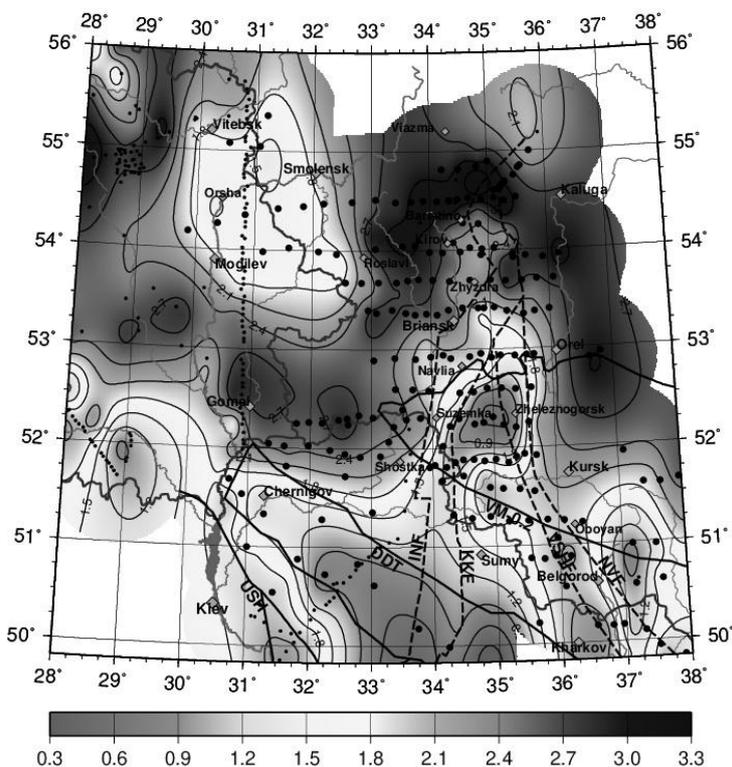


Рис. 3. Карта эффективного кажущегося сопротивления (в Ом·м, логарифмический масштаб, период 2500 с), большие чёрные точки – синхронные МТ/МВ зондирования в рамках проектов СМОЛЕНСК и КИРОВОГРАД, маленькие чёрные точки – профиль 1990-х гг. Гомель-Витебск.

В июне-июле 2018 года были выполнены первые 15 синхронных МТ/МВ зондирований (рис. 3) с использованием украинских станций LEM1-417V, позволяющих измерять 5 компонент ЭМ поля Земли в диапазоне периодов 10-10000 секунд. Измерения на каждой точке

зондирования длились 2-3 дня. Для выполнения обработки данных по методу удалённой базы использовались материалы МТ/МВ наблюдений на стационарном пункте ALX (на Геофизической базе МГУ в д. Александровка Калужской области) и односекундные МВ данные с геомагнитных обсерваторий сети INTERMAGNET (Киев, Бельск, Хель и др.). Новые точки в рамках проекта СМОЛЕНСК расширили на запад два самых северных профиля проекта КИРОВОГРАД.

По результатам синхронных МТ/МВ зондирований 2018 года были уточнены границы коровой проводящей аномалии. Она отчётливо видна на карте эффективного кажущегося сопротивления, построенной для периода 2500 секунд (рис. 3). По кривым эффективного импеданса была проведена оценка проводимости осадков Оршанского бассейна, которая достигает 1000 См в его центре. На псевдорезах кажущегося сопротивления вдоль меридионального профиля Гомель-Витебск и двух субширотных профилей отчётливо выделяется структура в виде песочных часов, демонстрирующая разделение выявленной аномалии на приповерхностную (осадочную) и глубинную (корово-мантийную) части.

На рис. 4 представлена карта горизонтального МВ отклика также на периоде 2500 секунд, на которой хорошо прослеживается простираение глубинной аномальной зоны. Эллипсы экстремальных амплитуд внутри аномалии ориентированы в одном направлении и имеют вытянутую квази-2D форму. На более высоких частотах структура аномалии на карте горизонтальных МВ откликов и эллипсы их экстремальных амплитуд выглядят более трёхмерными из-за интерференции приповерхностных и глубинных эффектов.

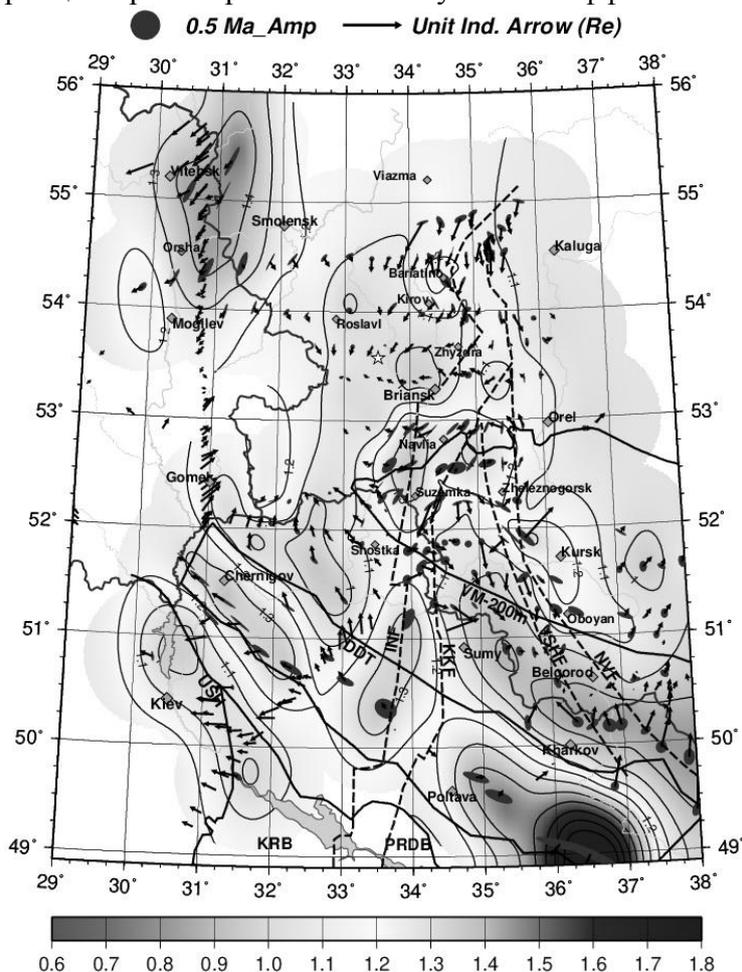


Рис. 4. Карта максимальной амплитуды горизонтального МВ отклика с эллипсами экстремальной амплитуды и действительными векторами Визе ($T=2500$ с).

Действительные вектора индукции (в конвенции Визе) подтверждают выявленные особенности исследуемой зоны, но имеют большую зависимость от системы осадочных элек-

трических токов внутри Оршанского и Московского бассейна. Новые данные проекта СМОЛЕНСК совместно с данными проекта КИРОВОГРАД указывают на концентрацию доминирующих осадочных токов в Днепровско-Донецкой впадине и в Оршанском бассейне, которые разделены между собой высокоомным осадочным блоком в районе города Гомель.

На рис. 5 представлен первый результат 2D+ инверсии вдоль меридионального профиля Гомель-Витебск, на основе которого можно сделать предварительные оценки параметров коровой аномалии электропроводности, уходящей в верхнюю мантию до глубин 70-80 км.

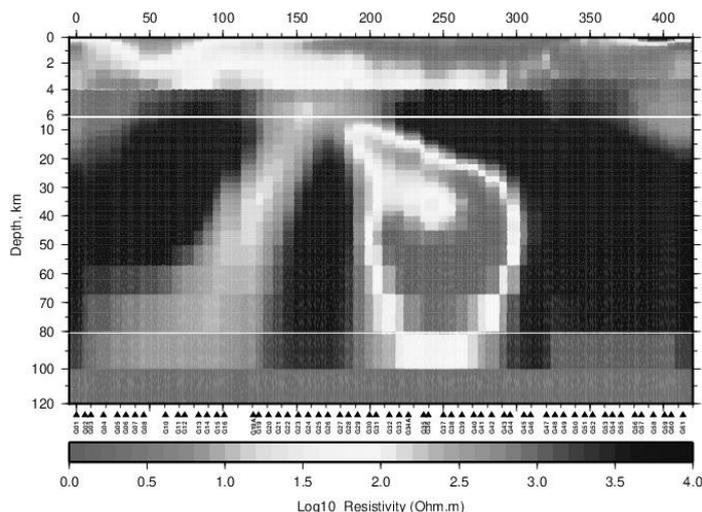


Рис. 5. Первый результат 2D+ инверсии вдоль меридионального профиля Гомель-Витебск.

В 2019 году мы выполним до 15 новых синхронных МТ/МВ зондирований, которые позволят уточнить границы аномалии в её северной и южной частях. Будут выполнены 2D+ инверсии по субширотным профилям сводного массива данных проектов СМОЛЕНСК и КИРОВОГРАД, на основе которых будет построена стартовая модель для выполнения полноценной 3D инверсии по всему массиву данных.

Для решения поставленной в проекте задачи об определении природы коровой аномалии и её связи с современными геодинамическими процессами будут привлечены другие геофизические данные – в первую очередь, сейсмологическая информация, а также данные потенциальных (включая спутниковые) и тепловых полей. На основе комплексной информации планируется построить общую объёмную физико-геологическую модель зоны тройного сочленения сегментов Восточно-Европейской платформы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00733 А.

Список литературы

1. Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И. Шовные зоны Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии // Минск: Беларуская навука. 2014. –120С.
2. Варенцов Ив.М., Ковачикова С., Куликов В.А. и др. Синхронные МТ и МВ зондирования на западном склоне Воронежского массива // Геофизический журнал, 2012 – Т. 34 – № 4 – С. 90-107.
3. Varentsov Iv.M. Methods of joint robust inversion in MT and MV studies with application to synthetic datasets // EM Sounding of the Earth's Interior: Theory, Modeling, Practice – Amsterdam: Elsevier, 2015 – P. 191-229.
4. Varentsov Iv.M. Arrays of simultaneous EM soundings: design, data processing, analysis, and inversion // EM Sounding of the Earth's Interior: Theory, Modeling, Practice – Amsterdam: Elsevier, 2015 – P. 271-299.