
doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.10.060>

УДК 551.24

**А.Н. Кушнир, Т.К. Бурахович,
Б.И. Ширков, В.Б. Джаошвили**

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

E-mail: Antonn@ukr.net

Электромагнитные исследования северного склона центральной части Украинского щита

Представлено академиком НАН Украины В.И. Старостенко

В 2016 г. проведены новые экспериментальные синхронные наблюдения низкочастотными электромагнитными методами — магнитотеллурического зондирования и магнитовариационного профилирования в широком диапазоне периодов в недрах зоны сочленения северного склона центральной части Украинского щита (УЩ) и Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). Их первичная интерпретация указывает на наличие как приповерхностных (зона контакта осадочных отложений ДДВ и УЩ), так и глубинных токопроводящих структур (Кировоградской аномалии в земной коре и южного борта ДДВ в нижней части коры и/или на границе с верхней мантией) разной ориентации в пространстве; отсутствие глубинных аномалий электропроводности земной коры и верхней мантии в северной части Голованевской (Ядлово-Трактемировской) шовной зоны подтверждает геодинамическую гипотезу ее формирования в условиях сжатия.

Ключевые слова: Голованевская шовная зона, Ядлово-Трактемировская зона, магнитотеллурическое зондирование, магнитовариационное профилирование, аномалии электропроводности.

Распределение электропроводности в Голованевской шовной зоне (ГШЗ) [1] соответствует ее геолого-тектоническому строению и подтверждает коллизионную модель формирования коры центральной части Украинского щита (УЩ) [2]. В период $AR_3 - PR_1-II$ в регионе преобладал режим транспрессии, который менялся режимом трансенсии (растяжения) на отрезках 2,6–2,4, 2,1–1,95, 1,8–1,7 млрд лет назад [3]. На эти промежутки времени приходится образование большинства высокоэлектропроводящих зон разломов (ЗР): Емиловской, Гвоздавской, Вradiевской, Первомайской и Звенигородско-Братской [4, 5].

В процессе геодинамического развития ГШЗ приобрела современную расслоенность и тектоническую сланцеватость, что подтверждается аномально высокой электропроводностью глубинных ЗР, а также ее блоков: большей части Лысянского на глубинах 10–20 км (удельное электрическое сопротивление по результатам 3D модели [1] $\rho = 10 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), Голованевского — 3–10 км ($\rho = 10 \div 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), Тилигульского — 15–30 км ($\rho = 100 \div 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$).

© А.Н. Кушнир, Т.К. Бурахович, Б.И. Ширков, В.Б. Джаошвили, 2017

Несмотря на меньшую изученность геоэлектрическими методами узкой северной части ГШЗ — Ядлово-Трактемировской зоны (ЯТЗ) — по результатам 3D геоэлектрического моделирования можно говорить о маловероятном существовании здесь повышенной электропроводности (хотя дальше на север, за пределами области моделирования, обнаружена Днепровская аномалия электропроводности в земной коре и верхней мантии [6] в районе г. Переяслав-Хмельницкий).

Это может быть подтверждением гипотезы [7] о том, что ЯТЗ представляет собой пластину, которая выдвинута в ограниченное межблоковое пространство в условиях сжатия. При такой геодинамической обстановке образование аномалий электропроводности маловероятно [8].

Для изучения глубинного строения и проверки геодинамической гипотезы развития северной части ГШЗ в 2016 г. проведены современные синхронные экспериментальные исследования методами магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и магнитовариационного профилирования (МВП).

Новые электромагнитные исследования. Экспериментальные наблюдения проведены длиннопериодными цифровыми станциями LEMI-417 с феррозондовыми магнетометрами [9] в 11 пунктах, продолжительность наблюдений в полевых точках составляла 3–12 суток, расстояние между пунктами 15–30 км (рис. 1). Южный профиль Кагарлык—Черкассы пересекает различные геологические структуры северного склона УЩ, пункты наблюдений расположены: Ореховое (Орх) в Росинской части (РБ) Бугско-Росинского мегаблока (БРБ), Трощин (Трщ) в ЯТЗ, Бубновская Слобода (Ббс) и Коробовка (Крб) в Новоукраинском (НБ), Красная Слобода (Крс) в Ингульском блоках (ИБ) на севере Ингульского мегаблока (ИМБ). Три последних проходят по северному краю Корсунь-Новомиргородского плутона (КНП), а самый восточный расположен в районе Кировоградской ЗР. Северный профиль Головуров-Гребенка расположен не только в пределах тех же тектонических единиц УЩ (пункты Головуров (Глв) в РБ, Эрковцы (Эрк) в ЯТЗ, Жовтневое (Жвт) и Фарбованое (Фрб) в ИМБ), но и на южном борту Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) (пункты Контокузовка (Кнт), Григорьевка (Грг)).

Обработка полевого материала выполнена по программе PRC_MTMV [11] с использованием нормировки магнитных компонент геомагнитного поля на удаленную базу Пасковщина (Пск), расположенную севернее интерпретационных профилей на южном борту ДДВ. Надежно получены оценки типперов для периодов (T) геомагнитных вариаций от 20 до 4000 с (рис. 1, 2), горизонтальных МВ откликов от 20 до 10000 с, параметров импеданса и кажущегося удельного электрического сопротивления (ρ_k) от 10–15 до 10000 с (рис. 3).

Напомним, что комплексный типпер W распадается на вещественную ReW и мнимую ImW индукционные стрелки. Вещественные типперы направлены от зон повышенной электропроводности (концентрации токов) к зонам пониженной электропроводности (деконцентрации токов). Угол между стрелками ReW и ImW является магнитовариационным параметром асимметрии и в случае двумерной структуры они коллинеарны и перпендикулярны ее простиранию. В асимметричной трехмерной среде коллинеарность нарушается. Как правило, в пределах S_1 -интервала (интервал частот соответствует восходящей ветви кривой ρ_k) ReW и ImW направлены в разные стороны от эпицентра повышенной электропроводности, а в пределах h -интервала (интервал частот соответствует нисходящей

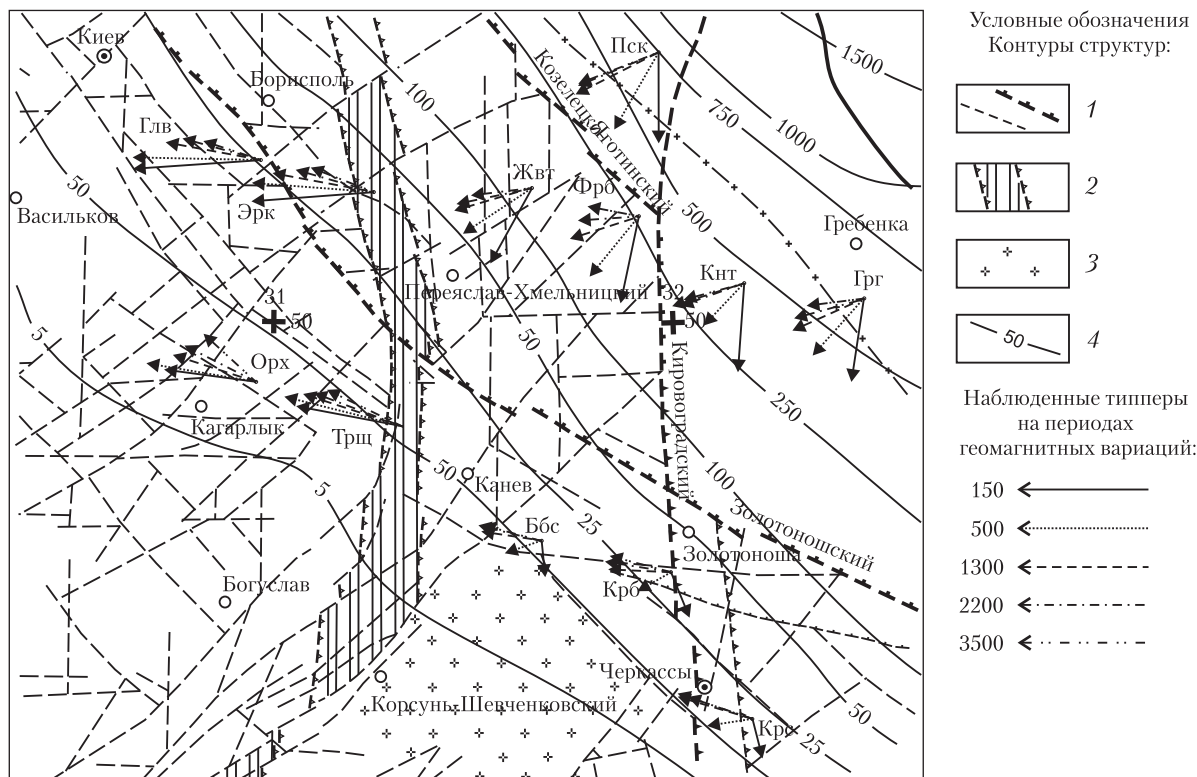


Рис. 1. Расположение пунктов МТЗ и наблюдаемые вещественные компоненты типперов по данным МВП на периодах геомагнитных вариаций (T) от 150 до 3500 с на тектонической карте [10]. Условные обозначения: 1 – тектонические элементы различных рангов; 2 – Ядлово–Трактемировская зона; 3 – Корсунь–Новомиргородский плутон; 4 – изолинии суммарной продольной проводимости. Пункты наблюдения: профиль Кагарлык–Черкассы: Ореховое (Орх), Троцин (Трщ), Бубновская Слобода (Ббс), Коробовка (Крб), Красная Слобода (Крс); профиль Головуров–Гребенка: Головуров (Глв), Эрковцы (Эрк), Жовтневое (Жвт), Фарбованое (Фрб), Контокузовка (Кнт), Григорьевка (Грг), удаленная база – Пасковщина (Пск)

ветви кривой ρ_k) ориентация вещественных типперов сохраняется, а мнимых изменяется на противоположную – к эпицентру проводящего объекта.

Резкое изменение величины W происходит между 30 и 60 км профиля Кагарлык–Черкассы, а также 20 и 40 км профиля Головуров–Гребенка (см. рис. 2). Первый анализ данных МВП (см. рис.1) показывает существенное отличие в поведении вещественных типперов для периодов больше и меньше 500 с. Если перепад значений $ReW_{вз}$ составляет около 0,6–0,7 на $T < 500$ с (от –0,6 на западе в БРБ и ЯТЗ до 0,15 на востоке в ИМБ и ДДВ), то на $T = 800$ с он менее 0,3 и около 0,1 на $T = 2200$ с (см. рис. 2). На $T = 100$ с на пикете около 50 км наблюдаются не только минимальные значения, как и во всей восточной части профиля, но и переход типпера через нулевое значение (см. рис. 2, а), т. е. его разворот от субмеридионально вытянутого контакта с различной электропроводностью в приповерхностных областях, а именно западной и центральной частях УЩ. С увеличением глубины последний либо слабо выражен, либо отсутствует, так как средняя величина $ReW_{вз}$ около 0,3. Северная компонента $ReW_{сюз}$, отражающая субширотно вытянутые проводники, отличается

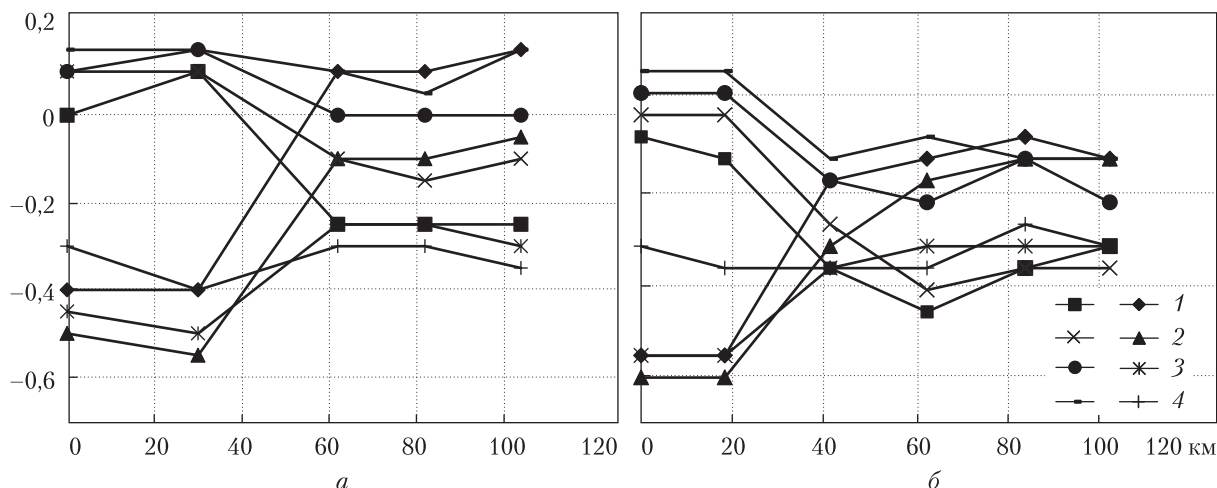


Рис. 2. Графики поведения компонент вещественных типперов $ReW_{\text{СЮ,ВЗ}}$ для периодов: 1 – 10 с; 2 – 300 с; 3 – 800 с; 4 – 2200 с по профилям Кагарлык–Черкассы (а), Головуров–Гребенка (б)

меньшим разбросом значений вдоль профилей, однако с той же тенденцией зависимости от периода геомагнитных вариаций. Так, если в БРБ и ЯТЗ $W_{\text{сЮ}}$ имеет минимальные значения, которые колеблются около 0, то в ИМБ и ДДВ для $T > 500$ с она ориентирована на юг с величинами до $-0,4$ (см. рис. 2, б) и $-0,25$ (см. рис. 2, а) в зависимости от места расположения профиля по отношению к проводящим осадочным толщам ДДВ. Если вдоль всего профиля Кагарлык–Черкассы для $T > 500$ с северная компонента типпера только мала ($0-0,15$), то вдоль профиля Головуров–Гребенка она еще меняет знак (см. рис. 2, б), что может свидетельствовать о влиянии/наличии субширотной ориентации глубинного проводника в данном регионе.

В западной части профилей до 30 км (пункты Орх, Трщ, Глв, Эрк) величина ImW до $T \leq 800$ с мала, на больших периодах возрастает и сравнима с ReW , угол между стрелками около 180° . Такое поведение типперов характерно для двумерного или осесимметричного трехмерного субмеридионального распределения электропроводности в районе исследования. На северном профиле восточнее 40 км в пунктах Жвт, Фрб, Кнт, Грг поведение комплексных типперов на $T < 300$ с аналогично, но отличие состоит в ориентации токопроводящей структуры – субширотной. С увеличением периода T коллинеарность нарушается, величины становятся соизмеримы, что является следствием сложного трехмерного распределения электропроводности. Глубже структура электропроводности еще раз меняется и направление концентрации теллурических токов в основном с северо-запада на юго-восток. На южном профиле восточнее 30 км в пунктах Ббс, Крб и Крс поведение комплексных индукционных стрелок до $T \leq 100$ с очень своеобразное: величины около 0,5, угол между ними 180° , т. е. практически двумерная структура с субширотным простираением. Но с увеличением периодов T до ≤ 800 с ситуация становится резко неоднородной и следствием этого являются соизмеримые величины ReW и ImW , иногда ImW в несколько раз превышает ReW , угол между ними от 30° до 90° . На тестовых примерах такое соотношение комплексных типперов характерно для моделей, содержащих наклонный проводящий слой. На $T > 1500$ с мнимые типперы в большинстве пунктов наблюдения меньше по

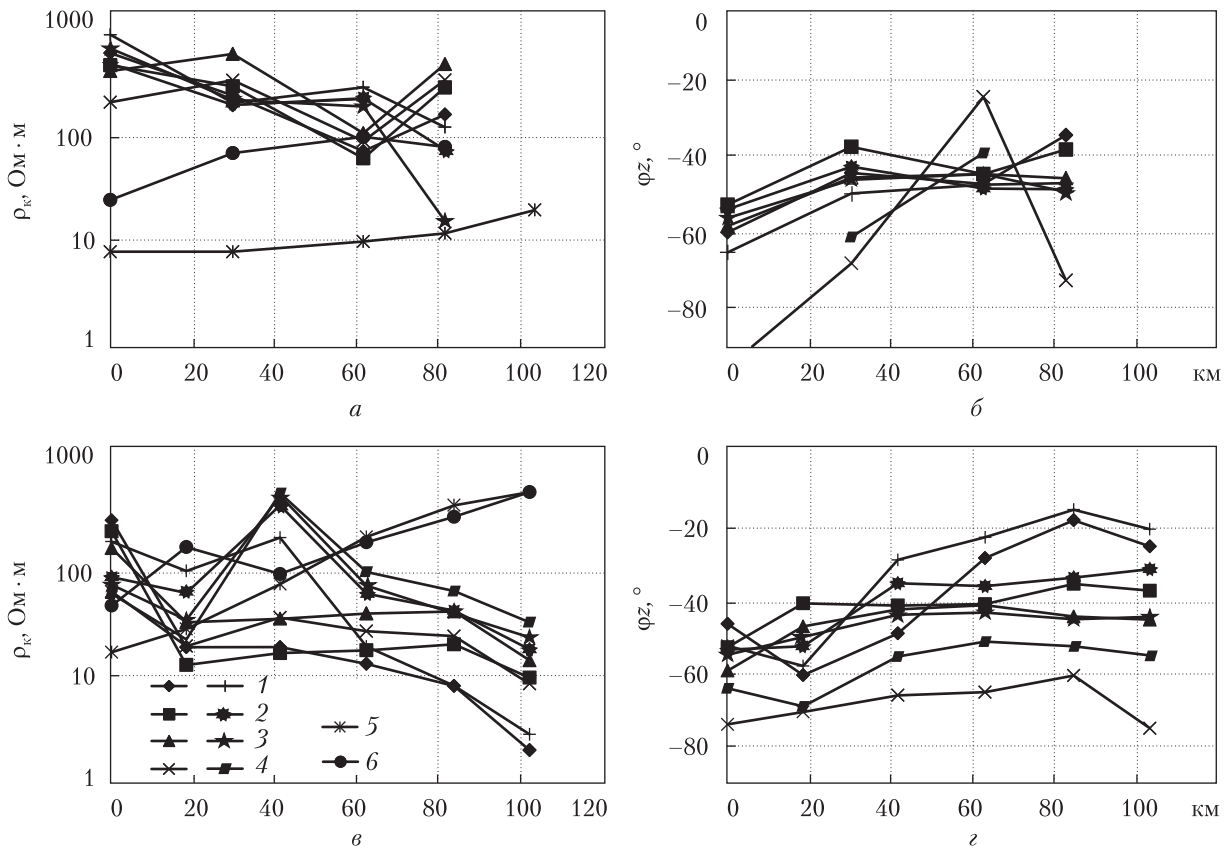


Рис. 3. Распределение кажущегося удельного электрического сопротивления ρ_k и фаз импеданса φ по профилям Кагарлык—Черкассы (а, б) и Головуров—Гребенка (в, з). Условные обозначения: 1 — $\rho_{xy, yx}$ и $\varphi_{xy, yx}^z$ для $T=10$ с; 2 — 100 с; 3 — 1000 с; 4 — 10000 с; значения суммарной продольной проводимости осадочных отложений: S_{oc} — по данным [12] (5), S_{kr} — по данным интерпретации наблюдаемых кривых ρ_k (6)

сравнению с вещественными, коллинеарны и ориентированы к токовой структуре, направленной субмеридионально.

Таким образом, поведение комплексного типпера дает наглядное представление о горизонтальном градиенте электропроводности и оконтуривает геоэлектрические структуры, классифицируя их по электропроводности.

Для качественной интерпретации данных МТЗ были определены значения ρ_k на нескольких периодах: 10, 100, 1000 и 10000 с, а также значения суммарной продольной проводимости верхнего слоя осадочной толщи (S_{oc}) по профилям (см. рис. 1, 3). Значения S_{oc} , по данным [12], плавно возрастают в восточном направлении от менее 10 См на УЩ до нескольких сотен сименс (южный борт ДДВ) в пределах рассматриваемого района. Однако информация об интегральной электропроводности S_{kr} верхнего слоя, которая получена по восходящей ветви наблюдаемых кривых ρ_k , такие оценки не подтверждает. Так, существенные отличия, доходящие до одного порядка, обнаружены вдоль всего профиля Кагарлык—Черкассы и в западной части профиля Головуров—Гребенка.

Амплитудные и фазовые кривые МТЗ (см. рис. 3) построены по направлениям измерительных линий (ось x ориентирована на север, y — на восток). Левая часть кривых ρ_k

не всегда характеризуется четкими восходящими ветвями, особенно на УЩ, которые отражают проводящие осадочные отложения с электропроводностью до 100 См практически во всех пунктах профиля Кагарлык—Черкассы. На западе северного профиля величина S_{kr} колеблется около 100 См. Можно предположить, что в ЯТЗ величина S_{kr} увеличивается до 200 См, как и в пункте Фрб на краю УЩ, а до 350—600 См — в пунктах, расположенных на южном борту ДДВ.

Средний уровень ρ_k по южному профилю во всем частотном диапазоне составляет от 100 до 1000 Ом·м, а на северном — от 10 до 100—200 Ом·м. С увеличением электропроводности, естественно, уменьшается уровень кривых ρ_k .

Все кривые МТЗ на профиле Головуров—Гребенка лежат ниже уровня глобальных данных, следовательно, подвержены искажающему гальваническому влиянию поверхностных горизонтальных неоднородностей. Расхождение кривых МТЗ (от 10 до 50 %), полученных для разных поляризаций теллурического тока, характерно на всем частотном диапазоне, при этом соотношение уровня между ними на профиле Кагарлык—Черкассы меняется от точки к точке, в то время как на профиле Головуров—Гребенка кривые ρ_{yx} лежат выше ρ_{xy} (исключение составляет пункт Глв). Качественная интерпретация кривых ρ_k свидетельствует о возможном проводнике с верхней кромкой на глубинах от 20 до 40 км с $S = 1000$ См. Одномерная трансформация кривых ρ_k позволила предположить несколько проводящих слоев: от 40 до 60 км $\rho = 160$ Ом·м, от 110 до 160 км $\rho = 200$ Ом·м и от 220 до 260 км $\rho = 100$ Ом·м на фоне нормального разреза: до 160 км $\rho = 1000 \div 2000$ Ом·м, от 160 до 200 км $\rho = 600$ Ом·м и от 200 до 250 км $\rho = 250$ Ом·м и т. д.

Специфическое поведение кривых в пункте Крб, а именно расхождение ρ_{yx} и ρ_{xy} с увеличением периодов геомагнитных вариаций, характерно для субвертикальных проводящих с поверхности структур, возможно, субмеридионального простирания. Данный пункт расположен в зоне глубинного Кировоградского разлома (см. рис. 1). Расхождение кривых ρ_k для разных поляризаций теллурического тока на порядок на периодах до 200 с в пункте Эрк и почти на два порядка во всем частотном диапазоне в пункте Жвт указывает на существование именно трехмерных проводящих неоднородностей с поверхности. Слабовыраженные минимумы и перегибы проявляются на меридиональных кривых ρ_{xy} на периодах около 100 и 10000 с, а в интервале между ними — на кривых ρ_{yx} . Это отчетливо видно на кривых ρ_k в пунктах Фрб, Кнт, Грг (см. рис. 3). Можно предположить существование проводника на глубинах около 20 км и более с продольной проводимостью более 1000 См в восточной части профиля Головуров—Гребенка.

Фазовые кривые импеданса ϕ не подвержены гальваническим искажениям и информативны только с точки зрения относительного изменения удельного электрического сопротивления среды над однородным полупространством, где равны -45° . На профиле Кагарлык—Черкассы до $T < 1000$ с фазы сосредоточены в среднем в диапазоне от -40° до -60° (см. рис. 3, б). Они плавно колеблются от среднего в интервале -5° . Вне этого уровня находятся фазы импеданса для $T = 10000$ с, в большинстве случаев они ниже -60° . Только в пункте Ббс на этом периоде ϕ стремится к значению -20° , что может свидетельствовать об увеличении сопротивления с глубиной. Такое поведение может быть обусловлено тем, что данный пункт расположен вблизи КНП, который характеризуется высоким сопротивлением, по данным исследований [1]. По поведению кривых фаз импеданса профиль

Головуров—Гребенка можно разделить на две части: до и после 50 км. Если в западной части величины φ находятся в диапазоне от -30° до -60° на $T < 1000$ с (см. рис 3, з), то после 50 км — в диапазоне от -15° до -45° . Если для слоя до 50 км нет зависимости изменения параметра φ от T , то для восточной части профиля характерно плавное уменьшение этой величины с возрастанием периода: с -20° на $T = 10$ с до -45° на $T = 1000$ с. И только на $T = 10000$ с во всех пунктах профиля значения φ находятся в диапазоне от -50° до -70° .

Компоненты горизонтального магнитного тензора M_{yy} и M_{xx} определяют размерность и ориентацию структуры. По теории в случае горизонтально-слоистой Земли имеем $|M| = \sqrt{2}$, зоны с $|M| > \sqrt{2}$ отвечают структурам пониженного, а $|M| = \sqrt{2}$ — повышенного сопротивления. Амплитуды M_{yy} и M_{xx} были рассчитаны для каждой точки наблюдения и отражают изменение геоэлектрической среды между ними и базисной точкой, в данном случае представленной магнитными полями, измеренными в пункте Пск. Практически во всех пунктах M_{yy} и M_{xx} не достигают значений более $\sqrt{2}$, что находит свое объяснение в расположении удаленной базы Пск ближе к осевой части ДДВ в области с более высокой суммарной продольной проводимости осадочных отложений около 750 См. При использовании данных геомагнитного поля в пункте Эрк (18 км) в виде базисных нормировка синхронных наблюдений дает в пункте Жвт (40 км) аномалию в параметре M_{yy} около 1,3 на $T = 200 \div 300$ с, а расхождение уровня между характеристиками M_{yy} и M_{xx} достигает максимума 0,4 на этих же периодах. Предполагается субмеридиональная ориентация трехмерного с поверхности проводника.

Таким образом, благодаря современному подходу к обработке экспериментальных синхронных магнитотеллурических и магнитовариационных исследований были получены глубинные геоэлектрические параметры зоны сочленения северного склона центральной части УЩ и ДДВ. Распределение комплексных индукционных типперов в широком диапазоне периодов, а также параметры качественной интерпретации кривых МТЗ могут свидетельствовать о наличии нескольких как приповерхностных, так и глубинных токопроводящих структур разной ориентации в пространстве. Так, с поверхности восточнее линии Переяслав-Хмельницкий—Канев (приблизительно 30—40 км по профилям) проявляется токопроводящая структура широтной ориентации. Скорее всего, именно эта линия является “контактом” пород УЩ с высоким сопротивлением на западе и осадочными комплексами пониженного сопротивления южного борта ДДВ на востоке района исследований. С увеличением глубины ориентация токопроводящих структур меняется. На юго-востоке “контакта”, а именно на севере ИМБ, выделяется наклонный проводящий слой под ДДВ, а на северо-востоке — южный борт ДДВ — трехмерная аномалия, возможно, в нижней части коры или на границе с верхней мантией.

Полученные результаты новых экспериментальных наблюдений низкочастотными электромагнитными методами, а также их первичная интерпретация свидетельствуют о следующем.

1. ЯТЗ не проявляется в повышенной проводимости на глубинах коры и мантии, что подтверждает геодинамическую гипотезу [7, 8].

2. Вдоль линии Переяслав-Хмельницкий—Канев выделяется контактная зона с разным удельным сопротивлением с поверхности между кристаллическими породами УЩ и осадочными отложениями южного борта ДДВ. Она в исследованиях И.М. Варенцова и

С. Ковачиковой по результатам квази-3D инверсии на периодах от 200 до 3600 с (в основном по экспериментальным данным В.И. Трегубенко) выделяется субмеридиональным ответвлением с $S = 4000$ См от проводящей структуры сложной конфигурации в ДДВ. Из переписки с И.М. Варенцовым следует, что “главный результат — локализация глубинных коровых проводников в плане. Затем нужно критично проверять, в какой мере токи в выделенных проводниках отделены от приповерхностных токовых систем. При наличии существенных вертикальных перетеканий возможно появление артефактов — ложных структур”.

3. Днепровская аномалия теплового потока с предполагаемой проводимостью >6000 См [6] не проявляется системно во всех пунктах. Только слоистая структура проводников в земной коре и верхней мантии с суммарной проводимостью около 1000 См проявилась в самом западном пункте Глв северного профиля Головуров — Гребенка.

4. Кировоградская глубинная зона разломов является субвертикальной проводящей с поверхности структурой.

5. Единственный пункт Крб, который попадает в приграничную зону ореола пространственного распространения уникальной Кировоградской аномалии в геомагнитных вариациях, подтверждает существование проводника с верхней кромкой на глубинах 20–25 км с суммарной продольной проводимостью 2000 См.

6. В нижней части коры или на границе с верхней мантией южного борта ДДВ в районе исследований, вероятно, существует аномалия электропроводности, которая подтверждает результаты сейсмотомографии, свидетельствующие о неоднородном распределении продольных сейсмических волн [13]. Уменьшение их скорости в интервале глубин от 50 до 150 км характерно для объекта изометрической формы с центром 50° с.ш. и 33° в.д. Проведенные ранее расчеты [14] электропроводности в верхней мантии региональной Кировоградской аномалии в районе ее пересечения с ДДВ дали основание предположить существование на этих глубинах астеносферы с удельным электрическим сопротивлением 20 Ом·м.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ширков Б.И., Бурахович Т.К., Кушнir А.М. Трехмерная геоэлектрическая модель Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2017. **39**, № 1. С. 41–60. doi: <https://doi.org/10.24028/grh.0203-3100.v39i1.2017.94010>
2. Глевасский Е.Б., Каляев Г.И. Тектоника докембрия Украинского щита. *Минерал. журн.* 2000. **22**, № 2/3. С. 77–91.
3. Гинтов О.Б. Проблемы геодинамики Украинского щита в докембрии. *Геофиз. журн.* 2015. **37**, № 5. С. 3–22.
4. Бурахович Т., Ганієв О., Ширков Б. Моделювання глибинної будови Голованівської шовної зони за даними геоелектрики. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер. Геологія.* 2015. Вип. 2. С. 39–45.
5. Бурахович Т.К., Кушнir А.М., Ширков Б.І. Глибинна будова Інгульського мегаблоку за даними геоелектричних досліджень. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2015. № 3. С. 81–86. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.03.081>
6. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н., Усенко О.В. Геотермический атлас Украины. Киев: Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, 2004. 60 с.

7. Щербак И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. 364 с.
8. Selway K., Heinson G., Hand M. Electrical evidence of continental accretion: Steeply-dipping crustal-scale conductivity contrast. *Geophys. Res. Lett.* 2006. **33**, № 6. P. 2–5. doi: <https://doi.org/10.1029/2005GL025328>
9. Корепанов В.Е., Трегубенко В.И. Особенности построения и тенденции развития современной аппаратуры для магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований. *Геофиз. журн.* 2009. **31**, № 4. С. 181–190.
10. Тектоническая карта Украинской ССР и Молдавской ССР: Глушков В.В. (гл. ред.). Масштаб 1 : 500 000. Киев: Укргеология, 1988.
11. Варенцов И.М. Программная система `prc_mtmv` для обработки данных синхронных МТ/МВ зондирований. Материалы VI Всерос. школы-семинара по ЭМ зондированиям им. М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна (Новосибирск, 2–6 сент. 2013). Новосибирск, 2013. С. 1–4.
12. Baysorovich M.M., Tregubenko V.I., Nasad A.G. Geoelectric heterogeneities of Ukraine's lithosphere. *Геол. журн.* 1998. **2**, № 1. С. 23–35.
13. Гейко В.С., Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. Региональная 3-D *P*-скоростная модель мантии Сарматии (юго-запад Восточно-Европейской платформы). *Геофиз. журн.* 2005. **27**, № 6. С. 927–939.
14. Бурахович Т.К., Кулик С.Н. Трехмерная модель Кировоградской аномалии электропроводности. *Геофиз. журн.* 2007. **29**, № 1. С. 45–55.

Поступило в редакцию 07.04.2017

REFERENCES

1. Shyrkov, B. I., Burakhovich, T. K. & Kushnir, A. N. (2017). Three-dimensional geoelectric model of the Golovanivsk suture zone the Ukrainian shield. *Geophys. J.*, 39, No. 1, pp. 41-60 (in Russian). doi: <https://doi.org/10.24028/grh.0203-3100.v39i1.2017.94010>
2. Glevasskiy, E. B. & Kalyaev, G. I. (2000). Precambrian tectonics of the Ukrainian shield. *Mineralogic J.*, 22, No. 2/3, pp. 77-91 (in Russian).
3. Gintov, O. B. (2015). Problems of geodynamics of the Ukrainian Shield in Precambrian. *Geophys. J.*, 37, No. 5, pp. 3-22 (in Russian).
4. Burakhovich, T., Ganiev, A. & Shyrkov, B. (2015). Deep structure modelling of Golovanivsk suture zone on the basis of geoelectric data. *Visnyk Kyiv. nats. un-tu im. Tarasa Shevchenka. Ser. Heolohiia*, Iss. 2, pp. 39-45 (in Ukrainian).
5. Burakhovich, T. K. & Kushnir, A. N. & Shyrkov, B. I. (2015). Deep structure of the Ingul megablock according to geoelectric researches. *Dopov. Nac. acad. nauk Ukr.*, No. 3, pp. 81-86 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.03.081>
6. Gordienko, V. V., Gordienko, I. V., Zavorodnyaya, A. V., Logvinov, I. M., Tarasov, V. N. & Usenko, O. V. (2004). Geothermal atlas of Ukraine, Kiev: S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine (in Russian).
7. Shcherbakov, I. B. (2005). Petrology of the Ukrainian Shield. Lviv: ZUKTs (in Russian).
8. Selway, K., Heinson, G. & Hand, M. (2006). Electrical evidence of continental accretion: Steeply-dipping crustal-scale conductivity contrast. *Geophys. Res. Lett.*, 33, No. 6, pp. 2-5. doi: <https://doi.org/10.1029/2005GL025328>
9. Korepanov, V. E., Tregubenko, V. I. (2009). Special features of construction and trends of development of modern hardware for magneto-telluric and magneto-variation soundings. *Geophys. J.*, 31, No. 4, pp. 181-190 (in Russian).
10. Glushkov, V. V. (Ed.). (1984). Tectonic map of the Ukrainian SSR and the Moldavian SSR. Scale 1 : 500000. Kiev: Ukrgeologia (in Russian).
11. Varentsov, I. M. (2013). Development of `prc_mtmv` software for multisite processing of simultaneous МТ/МВ sounding data. Materials of the VI All-Russian school-seminar on EM sounding them. M.N. Berdichevsky and L.L. Vanyan (pp. 1-4). Novosibirsk (in Russian).
12. Baysorovich, M. M., Tregubenko, V. I. & Nasad, A. G. (1998). Geoelectric heterogeneities of Ukraine's lithosphere. *Geophys. J.*, 2, No. 1, pp. 23-35.

13. Geyko, V. S., Tsvetkova, T. A., Shumlyanskaya, L. A., Bugaenko, I. V. & Zaets, L. N. (2005). Regional 3-D *P*-velocity model of the mantle of the Sarmatia (south-west of the East-European platform). *Geophys. J.*, 27, No. 6, pp. 927-939 (in Russian).
14. Burahovich, T. K. & Kulik, S. N. (2007). Three-dimensional model of the Kirovograd anomaly of electrical conductivity. *Geophys. J.*, 29, No. 1, pp. 45-55 (in Russian).

Received 07.04.2017

А.М. Кушнір, Т.К. Бурахович, Б.І. Ширков, В.Б. Джаошвілі
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ
E-mail: Antonn@ukr.net

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІВНІЧНОГО СХИЛУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

У 2016 р. проведені нові експериментальні синхронні спостереження низькочастотними електромагнітними методами – магнітотелуричного і магнітоваріаційного профілювання в широкому діапазоні періодів у надрах зони зчленування північного схилу центральної частини Українського щита (УЩ) і Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Їх первинна інтерпретація вказує на наявність як приповерхневих (зона контакту осадових відкладів ДДЗ і УЩ), так і глибинних електропровідних структур (Кіровоградської аномалії в земній корі та південного борту ДДЗ у нижній частині кори і/або на межі з верхньою мантією) різної орієнтації в просторі; відсутність глибинних аномалій електропровідності земної кори і верхньої мантії в північній частині Голованівської (Ядлово-Трахтемирівської) шовної зони підтверджує геодинамічну гіпотезу її формування в умовах стиснення.

Ключові слова: *Голованівська шовна зона, Ядлово-Трахтемирівська зона, магнітотелуричне зондування, магнітоваріаційне профілювання, аномалії електропровідності.*

A.N. Kushnir, T.K. Burakhovich, B.I. Shyrkov, V.B. Dzhaoshvili
S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: Antonn@ukr.net

ELECTROMAGNETIC STUDIES OF THE NORTHERN SLOPE OF THE CENTRAL PART OF THE UKRAINIAN SHIELD

In 2016, new experimental synchronous observations were carried out with the use of low-frequency electromagnetic methods MTS and MVP in a wide range of periods in the joint zone of the northern slope of the central part of the Ukrainian Shield and Dnieper-Donets Basin. Their primary interpretation indicates the presence of both the near-surface (contact zone of the sedimentary rocks of the Dnieper-Donets Basin and Ukrainian Shield) and deep conducting structures (Kirovograd anomaly in the Earth's crust and southern side of the Dnieper-Donets Basin in the lower part of the crust and/or on the margin with the upper mantle) of different orientations in space. The absence of deep conductivity anomalies in the Earth's crust and the upper mantle in the northern part of the Golovanivsk (Yadlov-Trakhtemirov) suture zone confirms the geodynamic hypothesis of its formation under compression.

Keywords: *Golovanivsk suture zone, Yadlov-Trakhtemirov zone, magnetotelluric sounding, magnetovariational profiling, anomalies of electrical conductivity.*