

## Геоэлектрические параметры северо-запада Украинского щита по данным 2D инверсии

*И. М. Логвинов, В. Н. Тарасов, И. В. Гордиенко, 2020*

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

Поступила 5 декабря 2019 г.

На підставі 2D інверсії даних магнітотелуричних досліджень уздовж шести меридіональних профілів, які перетинають північно-західну частину Українського щита, виявлено локальні об'єкти зниженого опору (менше 100 Ом·м) у земній корі і верхах мантиї. Проведений аналіз показав, що геоелектричні дані дають змогу намітити зв'язок провідних об'єктів з родовищами корисних копалин електронного типу провідності. Об'єкти зниженого опору, які корелюють з родовищами більшості корисних копалин електронного типу провідності, в земній корі розміщуються в блоках порід з опором 200—1000 Ом·м. Родовища групи платиноїдів і скандію залягають над дуже високоомними блоками (з опором понад 1000 Ом·м) і не супроводжуються об'єктами зниженого опору в земній корі. У Північнозахідній графітоносній області велика частина цих об'єктів знаходиться в земній корі, де вони і родовища корисних копалин приурочені до вузлів розломних зон, активних в останні 3 млн років. Провідні об'єкти в земній корі Північноукраїнської нафтогазоносної провінції розміщуються в її західній частині поза межами Овруцького грабен-сінклінорію. У верхах мантиї провідні об'єкти простягаються смугою від Мозирського нафтогазоносного району до західної частини цієї провінції. Отримані результати можна використовувати для прогнозування пошуків родовищ корисних копалин електронного типу провідності і підтвердження гіпотези про роль дегазації Землі та зв'язку родовищ вугледнів із зонами генерації і транспортування флюїдів, що містять вуглеводні.

**Ключові слова:** провідність, нафтогазоносність, розломи, Північноукраїнська нафтогазоносна провінція.

**Введение.** Задачей работы было исследование геоэлектрического строения земной коры и верхней мантии северо-западной части Украинского щита (УЩ). Рассматриваемая территория характеризуется наличием узлов и районов развития проявлений металлических полезных ископаемых, имеющих электронный тип проводимости (полиметаллы и благородные металлы) [Металічні ..., 2006], со значениями пониженного сопротивления, резко отличающимися от значений вмещающих кристаллических пород. Здесь выделена Северо-Западная графитоносная область,

полностью расположенная на исследуемой площади [Яценко, 1998].

Одной из перспективных областей на поиски углеводородов (УВ) считается Северо-Украинская нефтегазоносная провинция (СУнп) [Карта ..., 2004] (рис. 1). Листрические разломы, выделенные на сейсмогеологических разрезах через Припятскую впадину [Гарецкий, Клушин, 1989], некоторыми авторами предполагаются в качестве пути, по которому УВ могут поступать с территории Припятской впадины в пределы Овручской грабен-синклинали. Сотрудниками Украинского государ-

ственного геологоразведочного института (УкрГГРИ) и Северного государственного регионального геологического предприятия «Північгеологія» (СГРГП) в районе СУнп были проанализированы геолого-геофизические материалы и выполнены экспедиционные исследования различными методами (в том числе магнитотеллурическим) [Трегубенко та ін., 2009]. В результате исследований сотрудники СГРГП Л. М. Шимкив, Б. М. Дзюба, Т. С. Нечаева пришли к выводу: «Перспективним з точки зору можливого скупчення вуглеводнів є субширотний блок УЩ, що безпосередньо прилягає до Прип'ятської западини і її північним обмеженням Овруцької грабен-синклінали. В його межах сейсморозвідувальними дослідженнями зафіксовані протяжні зони підвищеної тріщинуватості, нахилені в бік западини» [Трегубенко та ін., 2009, с. 367]. Указанные авторы считают, что западным ограничением блока служит Суцано-Пержанский разлом. По результатам качественной интерпретации магнитотеллурических зондирований (МТЗ) сотрудник УкрГГРИ В. И. Трегубенко выделил в верхней части кристаллического фундамента на глубинах 5—7 км проводящий слой, который отождествляется им с зоной разуплотнения пород. Эти факторы определяют интерес к этому району как геологов, так и геофизиков.

Геоэлектрические исследования региона имеют долгую историю. На основе одномерной инверсии нескольких кривых МТЗ вдоль профиля Евробридж в работе [Бурахович и др., 1997] в юго-восточной части территории исследований была выделена Коростенская аномалия проводимости. Позже [Астапенко, Логвинов, 2014] при 2D инверсии магнитотеллурических данных на участке профиля Евробридж-97 от северного борта Припятской впадины до южного окончания профиля (пересекающего СУнп по центру) было выделено два проводящих объекта. Один расположен в 20 км к северу от Южной зоны бортовых разломов Припятской впадины, второй — в пределах Овручской грабен-синклинали в интервале глубин 7—15 км. При интерпре-

тации с применением 2D инверсии магнитотеллурических данных в нескольких сотнях пунктов для всей территории Украины западнее 30° в. д. на обсуждаемой территории выделены локальные объекты пониженного сопротивления в земной коре и верхах мантии [Логвинов, Тарасов, 2019]. Часть из этих объектов хорошо согласуется с узлами концентрации месторождений рудных полезных ископаемых.

В настоящей статье представлены результаты 2D моделирования (обратная задача) данных исследований МТ-поля вдоль меридиональных профилей от 27 до 29,2° в. д., пересекающих северо-западную часть УЩ от границы с Припятским прогибом до 49° с. ш., на основе которых определены геоэлектрические параметры земной коры и верхов мантии территории. Отличие от предыдущих исследований заключается в привлечении новых экспериментальных данных.

**Экспериментальные данные и методика интерпретации.** На рис. 2 представлена карта расположения пунктов наблюдений МТ-поля в регионе исследований. Кроме данных, использованных в предыдущих работах [Астапенко, Логвинов, 2014; Логвинов, Тарасов, 2019], привлечены результаты, полученные авторами в последние годы. Для интерпретации МТ-результаты в полосе шириной 10 км были снесены на меридиональные профили (27, 27.46, 27.9, 28.4, 28.8 и 29.2), пересекающие территорию исследований от северной границы УЩ приблизительно до 49° с. ш.

Кривые кажущегося сопротивления ( $\rho_k$ ) МТЗ (в диапазоне периодов от нескольких секунд до  $10^4$  с) обычно смещены гальваническими шифт-эффектами, тогда как кривые  $\rho_k$  магнитовариационных зондирований (МВЗ) не искажены гальваническими эффектами. Поэтому кривая МВЗ на обсерватории «Киев» (в диапазоне периодов от  $2 \cdot 10^4$  до  $2 \cdot 10^7$  с) [Semenov et al., 2008] использовалась как локальный репер для исправления кривых МТЗ путем сочленения данных МТЗ и МВЗ.

Интерпретация выполнена по программе 2D инверсии REBOCC [Siripunvaraporn,

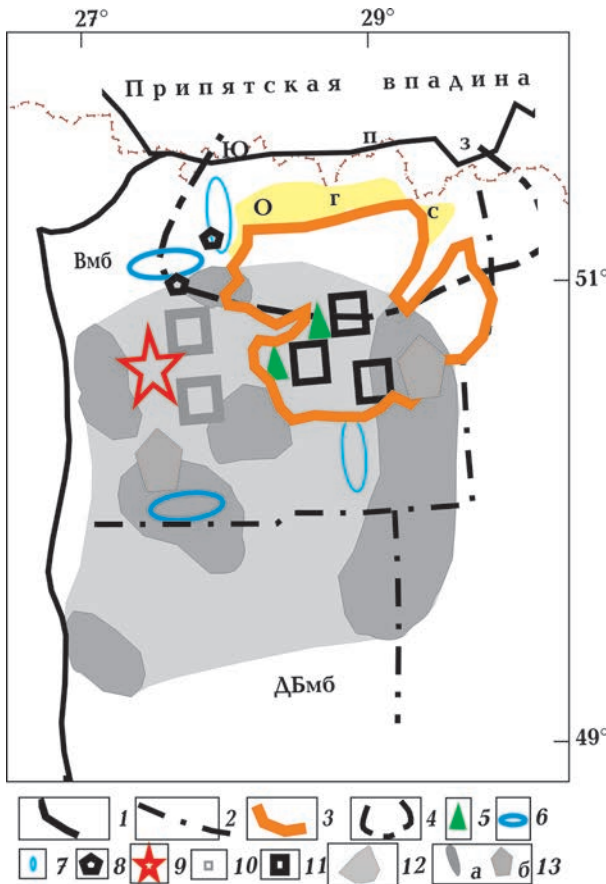


Рис. 1. Элементы тектоники, по [Тектонічна ..., 2007]: 1 — западная граница Украинского щита; 2 — границы Волынского (Вмб) и Днестровско-Бугского (ДБмб) мегаблоков УЩ; 3 — граница Коростенского плутона, Овручская грабен-синклиналь (Огс); 4 — контур Северо-Украинской нефтегазоносной провинции [Карта ..., 2004]; 5—11 — проявления металлических полезных ископаемых, по [Металічні ..., 2006]: ванадия (5), кобальта (6), вольфрама (7), лития (8), платиноидов (9), скандия (10), титана (11); 12 — Северо-Западная графитоносная область; 13 — графитоносные районы (а — по [Яценко, 1998], б — по [Нечаев, Єсипчук, 2006]).

Fig. 1. Elements of tectonics from [Tectonic ..., 2007]: 1 — western border of the Ukrainian Shield, 2 — borders of Volhynian (Vmb) and Dniester-Bug (DBmb) megablocks of the USh, 3 — a border of the Korosten pluton, Ovruch graben-syncline (Ogs), 4 — contour of the North-Ukrainian oil-gas-bearing province [Map ..., 2004], 5—11 — shows of metallic minerals, from [Metalichni ..., 2006]: vanadium (5), cobalt (6), tungsten (7), lithium (8), platinumoids (9), scandium (10), titanium (11), 12 — northwestern graphite-bearing area, 13 — graphite-bearing areas (a — from [Yatsenko, 1998], b — from [Nechaev, Yesypchuk, 2006]).

Egbert, 2000] на основе алгоритма ОССАМ с использованием интерпретационных параметров, в качестве которых в работе принимаются кривые  $\rho_k$  и фазы импеданса ( $\varphi_z$ ), определяемые методом МТЗ, и вертикальные магнитные переходные функции (ВМПФ), определяемые методом МВЗ, в диапазоне периодов от 1—9 до 2500—3600 с. Как следует из рис. 1, основные поверхностные геоэлектрически значимые структуры имеют квазиширотное простирание, что позволяет изучать их геоэлектрические характеристики с помощью моделирования вдоль меридиональных профилей. В этом случае в качестве продольных кривых МТЗ приняты кривые в широтном направлении.

Зондирования с помощью вариаций МТ-поля основаны на индукции в проводящих средах, поэтому наибольшая информация о наличии проводящих объектов содержится в продольных кривых МТЗ (ТЕ-мода) и данных ВМПФ (ТР-мода). Учитывая это, моделирование начиналось с использования интерпретационных параметров ТЕ- и ТР-мод. Количество пунктов для интерпре-

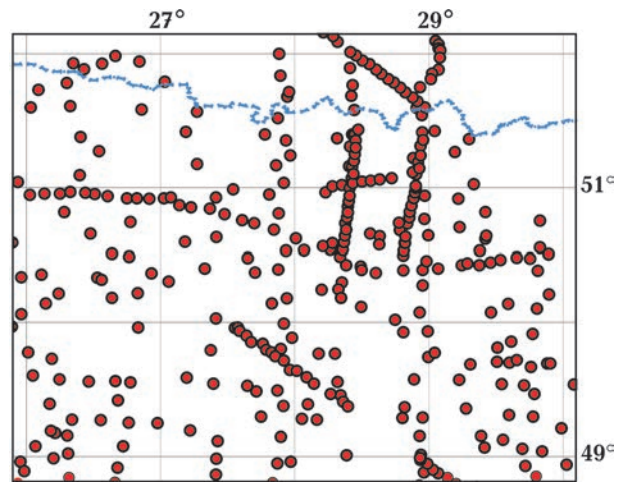


Рис. 2. Карта пунктов (красные кружки) МТ наблюдений (составили В.И. Трегубенко, И.М. Логвинов, В.Н. Тарасов). Остальные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 2. A map of sites (red circles) of MT observations (compiled by V.I. Tregubenko, I.M. Logvinov, V.N. Tarasov). For other legends see Fig. 1.

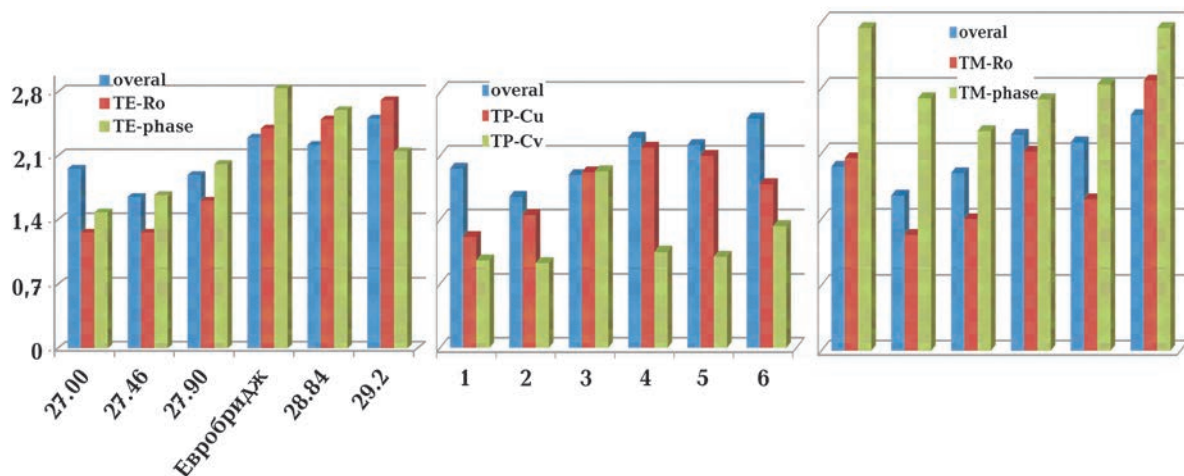


Рис. 3. Распределение невязок для всех профилей моделирования.

Fig. 3. Distribution of discrepancies for all the profiles of modeling.

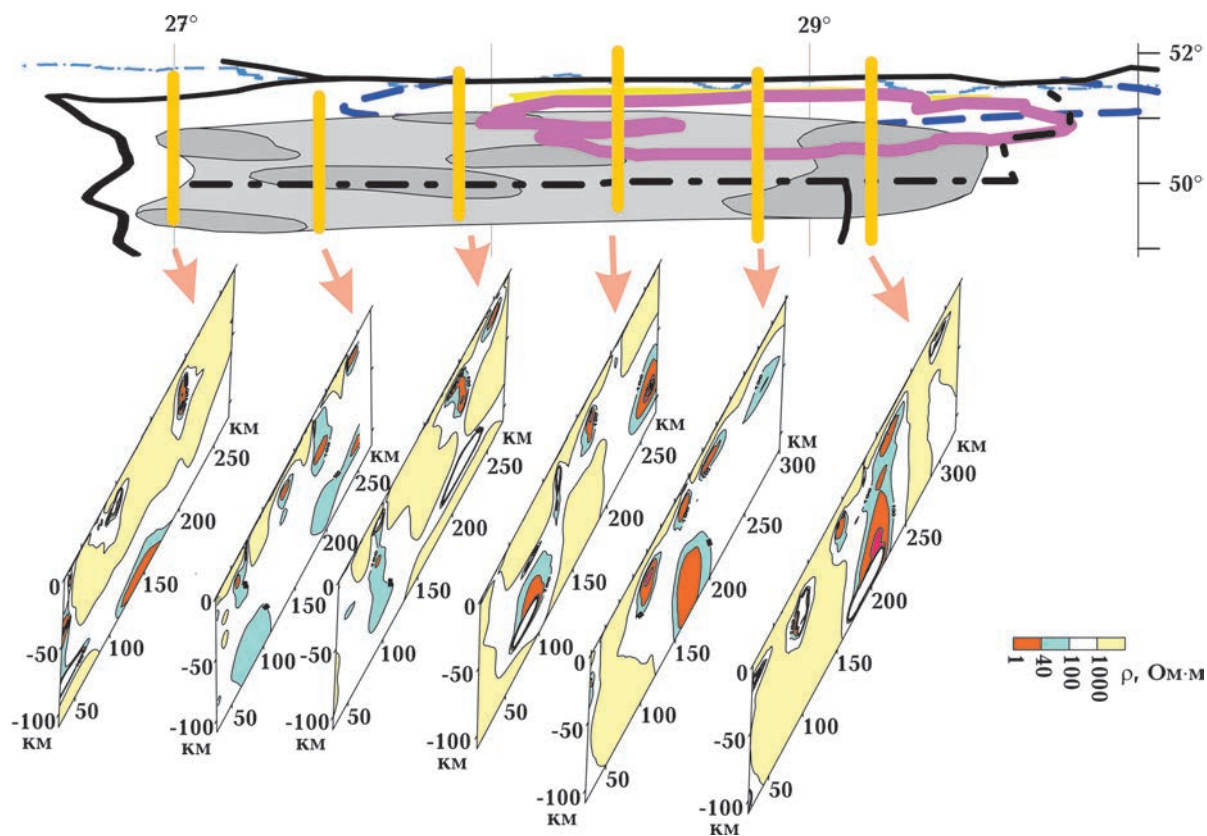


Рис. 4. Геоэлектрические модели вдоль меридиональных профилей.

Fig. 4. Geoelectric models along meridional profiles.

тации (всего были привлечены данные из 139 пунктов) выбиралось таким образом, чтобы интерпретационные параметры для каждой из ТЕ-, ТМ-, ТР-мод составляли не менее 75 %. Параметры вмещающей среды («нормальный разрез») взяты по результатам инверсии кривых зондирования на геомагнитной обсерватории «Киев» [Semenov et al., 2008].

При составлении первоначальной интерпретационной модели на всех профилях использовалась априорная геолого-геофизическая информация о строении региона. Учет мощности пород осадочного чехла на территории Республики Беларусь проведен по данным [Геология ..., 2001]. При задании в стартовых моделях сопротивлений осадков Припятской впадины учитывались данные из работы [Астапенко, 2012], а для территории УЩ — значения суммарной продольной проводимости осадков ( $S_{oc}$ ), полученные В. И. Трегубенком [Трегубенко, 1989].

Шаг моделирования по оси  $x$  изменялся в зависимости от расстояний между соседними пунктами наблюдений от 3 до 10 км; по вертикальной оси составлял 100—500 м для верхних 2 км и 1000—4000 м до глубин 50 км (ниже — от 8 до 30 км). Частотный диапазон экспериментальных данных и значения  $S_{oc}$  на территории УЩ позволяют определять геоэлектрические параметры среды ниже 1—2 км, а длина профилей и частотный диапазон экспериментальных данных — распределение сопротивлений не только земной коры, но и верхов мантии.

**Результаты моделирования.** При моделировании использовалась методика, описанная в работе [Logvinov, 2015].

Прежде чем переходить к обсуждению результатов моделирования, необходимо остановиться на оценке меры согласия (невязке) наблюдаемых и модельных данных. На рис. 3 приведены значения невязок ( $rms$ ) для всех профилей. RMS overall соответствует полной невязке модели с учетом использования всех шести интерпретационных параметров — невязки значений: кажущихся сопротивлений (ТЕ-Ro, ТМ-Ro) и фаз импеданса (ТЕ-phase, ТМ-phase), ре-

альных и мнимых частей ВМПФ (ТР-Cu, ТР-Cv) по всем пунктам и всем периодам. Международная практика применения программы REBOSS показывает, что хорошая аппроксимация экспериментальных данных 2D моделью наблюдается при значениях  $rms$ , не превышающих 2—2,2. На большинстве профилей значения  $rms$  для ТЕ-, ТР- и ТМ-мод входят в данный интервал, что указывает на хорошее согласие интерпретационных параметров 2D модели (см. рис. 3). Отметим, что  $rms$ , не превышающие 2—2,2, свидетельствуют о том, что  $rms$  по всем пунктам и всем периодам для каждой моды на 75 % меньше указанной величины. Наибольшие значения  $rms$  отмечаются для фаз импеданса ТЕ- и ТМ-мод, что и приводит к повышенным значениям  $rms$  всей модели. Из распределения  $rms$  видно, что наименее качественный результат моделирования получен для профилей 28.84 и 29.2.

На рис. 4 представлены модели, полученные с использованием ТЕ-, ТР- и ТМ-мод. Для всех профилей на моделях выделяется несколько зон, сопротивление внутри которых менее 100 Ом·м. Такое значение  $\rho$  намного меньше, чем общепринятые значения сопротивлений кристаллических пород земной коры. Проведенные изолинии сопротивлений сглажены в соответствии с возможностями программы Serfer, которая использовалась для изображения разрезов сопротивлений. Наиболее достоверно выделяются участки со значением  $\rho$  менее 60 Ом·м, которые будем называть объектами пониженного сопротивления (ОПС). В настоящее время при наличии неравномерной плотности пунктов наблюдений трудно уверенно рассматривать детальные геоэлектрические характеристики ОПС. Важной геоэлектрической характеристикой ОПС является интегральная проводимость  $G$  [Rokityansky, 1982], оценка которой проводится по формуле  $G_i = Q_i / \rho_i$ , где  $Q_i$  — площадь поперечного сечения аномального объекта ( $m^2$ ),  $\rho_i$  — его сопротивление (Ом·м). В случае сложной структуры аномального объекта  $G = \Sigma \cdot G_i$ .

В таблице приведены геоэлектрические характеристики ОПС, выделены на всех про-

Геоэлектрические параметры ОПС в земной коре

ОПС	Характеристики	Профили					
		27.00	27.46	27.9	28.4	28.84	29.2
1	1	—	51,46/51,32	—	—	51,29/51,04	51,36/51,2
	2	—	11—29	—	—	15—37	17—37
	3	—	17	—	—	21	26
	4	—	$0,63 \cdot 10^7$	—	—	$2,51 \cdot 10^7$	$3,82 \cdot 10^7$
2	1	51,16/50,94	51,06/50,91	51,08/50,97	51,07/50,89	—	—
	2	11—19	15—37	8—19	15—29	—	—
	3	16	28	11	20	—	—
	4	$0,72 \cdot 10^7$	$0,57 \cdot 10^7$	$0,44 \cdot 10^7$	$0,76 \cdot 10^7$	—	—
3	1	—	—	—	50,64/50,5	50,79/50,59	50,72/50,57
	2	—	—	—	15—37	8—37	13—29
	3	—	—	—	21	17	18
	4	—	—	—	$1,66 \cdot 10^7$	$1,52 \cdot 10^7$	$0,83 \cdot 10^7$
4	1	—	50,45/50,27	—	—	50,49/50,27	50,27/49,82
	2	—	15—37	—	—	10—23	12—23
	3	—	28	—	—	15	16
	4	—	$0,53 \cdot 10^7$	—	—	$1,09 \cdot 10^7$	$2,34 \cdot 10^7$
5	1	50,23/50,09	49,85/49,67	50,13/49,79	—	49,83/49,65	—
	2	15—37	8	10—37	—	15—37	—
	3	23	9	15	—	23	—
	4	$1,0 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$1,34 \cdot 10^7$	—	$0,96 \cdot 10^7$	—
6	1	—	—	49,69/49,46	49,33/49,41	—	49,56/49,38
	2	—	—	10—37	17—37	—	7—15
	3	—	—	15	22	—	10
	4	—	—	$0,53 \cdot 10^7$	$1,12 \cdot 10^7$	—	$0,96 \cdot 10^7$
7	1	49,33/49,19	49,43/49,26	—	—	—	—
	2	11—37	7—19	—	—	—	—
	3	17	11	—	—	—	—
	4	$0,49 \cdot 10^7$	$0,59 \cdot 10^7$	—	—	—	—

Примечание: 1 — координаты краев, градусы, 2 — интервал глубин, км, 3 — глубина центральной части (с наибольшей интегральной проводимостью), км, 4 — значение  $G$ , См.

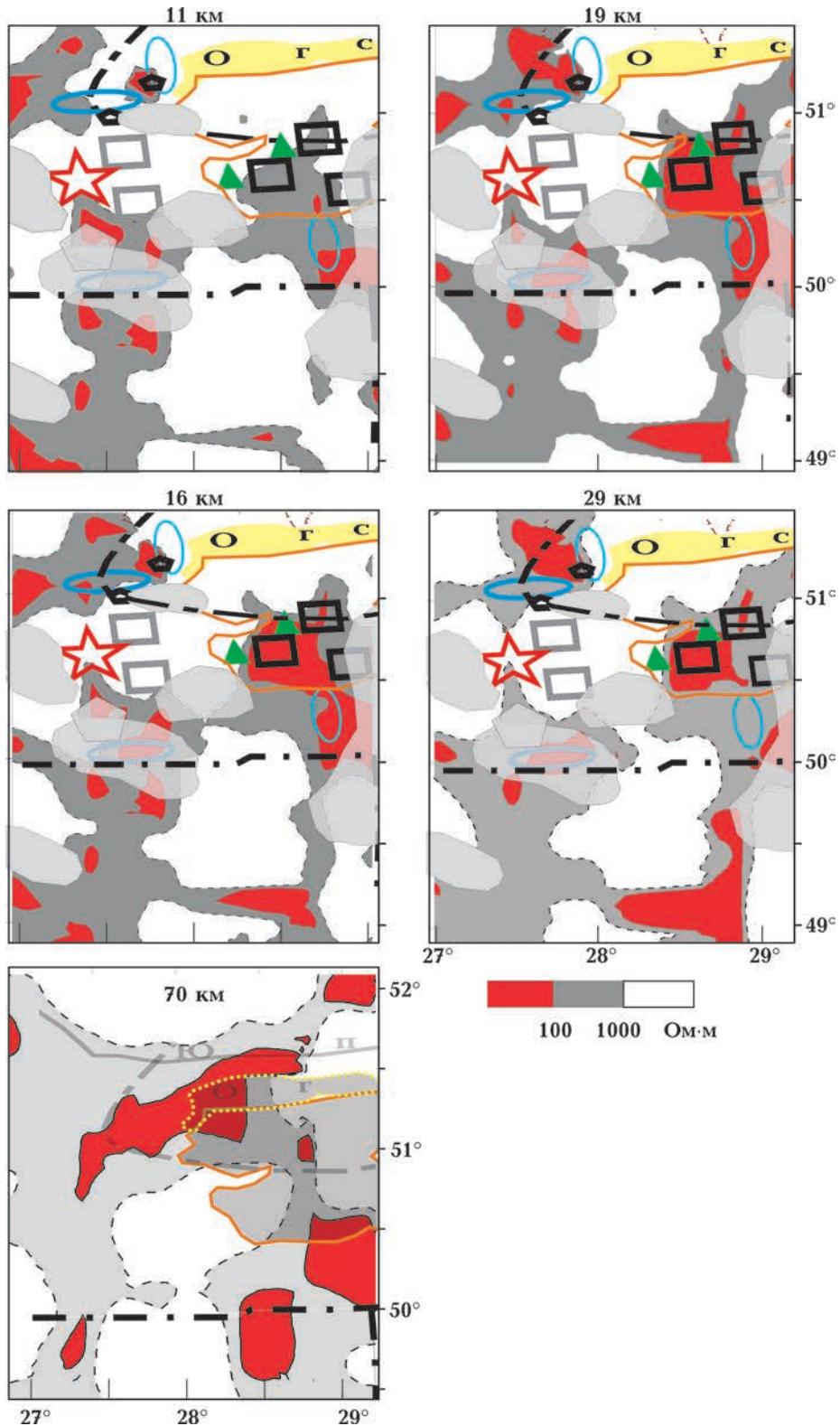


Рис. 5. Сопоставление положения ОПС с металлогенией и графитизацией. Проекция ОПС (красным цветом) по изолинии 100 Ом·м на земную поверхность. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 5. Comparison of positions of LRO (red) with metallogeny and graphitization. Projections of LRO (red) along the isolines 100 Ohm·m on the surface. For other legends see Fig. 1.

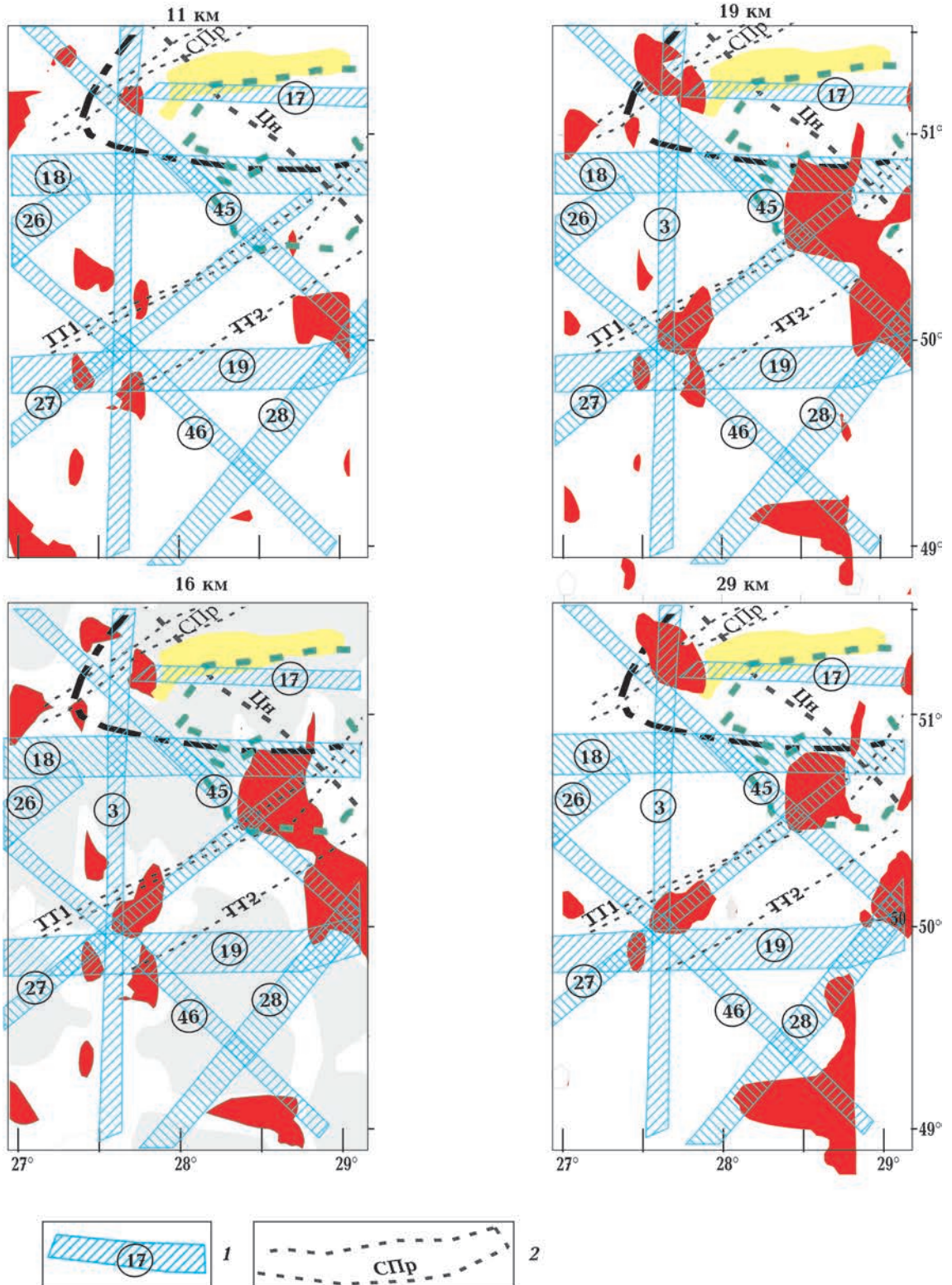


Рис. 6. Разломная тектоника и геоэлектрические неоднородности (красным цветом): 1 — разломы активные в последние 3 млн лет [Верховцев, 2006] (3 — Олевско-Мураванский, 17 — Ратновско-Тернянский, 18 — Устьлугско-Малинский, 19 — Яворовско-Волчанский, 26 — Хустско-Корецкий, 27 — Гусятинско-Володарск-Волынский, 28 — Мураванско-Чернобыльский, 45 — Ракитновско-Новоархангельский, 46 — Камень-Каширско-Ялтинский); 2 — разломы, по [Карта ..., 1988]: Суцано-Пержанский (СПр), Центральный (Цн), Тетеревский 1 (ТТ1), Тетеревский 2 (ТТ2). Остальные условные обозначения см. на рис. 1.



филях. Во втором столбце следующие характеристики ОПС по значениям  $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Так как ориентировка профилей предполагает обнаружение квазиширотных неоднородностей, в таблице ОПС расположены по убыванию широты обнаруженных ОПС.

При существующей сети расположения пунктов наблюдений трудно говорить о связи выделенных на профилях ОПС, тем более, что на соседних профилях сильно изменяется интервал глубин ОПС. В земной коре можно отметить следующие широтные зоны:  $50,9^\circ$ — $51,1^\circ$ ;  $50,55^\circ$ — $50,72^\circ$ ;  $49,7^\circ$ — $50,15^\circ$ ;  $49,25^\circ$ — $49,6^\circ$ , в которых можно объединить ОПС, выделенные не менее чем на трех соседних профилях (т. е. протягивающиеся на расстояние более 50 км) и расположенные в близких интервалах глубин (см. таблицу).

Размеры ОПС изменяются по ширине (в направлении север—юг) от 16 до 20 км, а по глубине — от 10 до 30 км. Центральные части объектов тяготеют к глубинам 11, 16, 20 и 30 км. Значения интегральной проводимости  $G$  объектов изменяются от  $0,5 \cdot 10^7$  до  $4 \cdot 10^7 \text{ См}$ , увеличиваясь в восточном направлении.

На профилях от 27.9 до 29.2 на глубинах 40—90 км проявляются ОПС шириной 25—45 км. Положение южных окраин ОПС смещается с востока на запад от  $50^\circ$  с. ш. (пр. 29.2) до  $51,2^\circ$  с. ш. (пр. 27.9). Над всеми мантийными объектами в земной коре расположены ОПС в основном меньшей ширины.

#### Обсуждение результатов и выводы.

Природа аномалий проводимости связываются с повышенным содержанием в породах электронных или ионных проводников, которые, в свою очередь, связаны с тектоническими процессами в недрах Земли. К электронным проводникам относятся минералы, содержащие полиметаллы и графит (образующие месторождения по-

лезных ископаемых), к ионным — частично расплавленные породы, флюиды (повышенная концентрация которых отмечается в разломных зонах), минерализованные воды.

Высокоуглеродистые образования в кристаллических породах раннего протерозоя имеют значительную мощность и широкое распространение. На территории Украины месторождения графита в основном связаны с биотитовыми, биотит-графитовыми и графитовыми кристаллическими сланцами и гнейсами тетерево-бугской серии, которые залегают среди мигматитов, кварцитов, сланцев и кристаллических известняков [Иванців, 1972; Рябенко, Моськина, 1980]. Среднее содержание минерала в пределах Северо-Западной графитоносной области оценивается в 0,5—1% [Яценко, 1998], в пределах отдельных месторождений составляет 4,6—6,7% [Нечаев, Єсипчук, 2006] (в отдельных линзах до 20% [Иванців, 1972]).

Распространение зон графитизации на глубину неясно. Величина эрозионного среза пород УЩ изменяется от 13—18 км в центре щита до порядка 30 км западнее  $30^\circ$  в. д., указывая на то, что графитизированные породы в соседних районах образованы на глубинах, различающихся на 10 км и более. Поэтому не исключено, что фиксируемая в приповерхностном слое графитизация продолжается и на значительных глубинах.

Вопрос источника углерода и генезиса месторождений графита до сих пор является дискуссионным, что во многом определяется устоявшимися представлениями об органогенно-сингенетическом накоплении углеродистого вещества и соответствующих ассоциаций рудных элементов. Существует и другая точка зрения, согласно которой пачки высокоуглеродистых сланцев рассматриваются как результат наложен-

←

Fig. 6. Fault tectonics and geoelectric heterogeneities (red): 1 — faults active during 3 myr [Verkhovtsev, 2006] (3 — Olevsko-Murvanskiy, 17 — Ratnovsko-Ternyanskiy, 18 — Ustylugsko-Malynskiy, 19 — Yavorovsko-Volchanskiy, 26 — Khustsko-Koretskiy, 27 — Gusyatsinsko-Volodarsk-Volynskiy, 28 — Muravansko-Chernobylskiy, 45 — Rakitnovsko-Novoarkhangel'skiy, 46 — Kamen-Kashirsko-Yaltinskiy); 2 — faults from [Map ..., 1988]: Sushchano-Perzhanskiy (SPr), Central (Cn), Teterevskiy 1 (TT1), Teterevskiy 2 (TT2). For other legends see Fig. 1.

ной графитизации (углеродизации), с которой пространственно связаны проявления U, Au, REE и других металлов (см. рис. 1). Необходимо заметить, что никаких принципиальных возражений против гипотезы глубинного источника углерода месторождений графита УЩ в настоящее время нет. Например, в работе [Юшин и др., 2013] связывают формирование комплексных, содержащих благородные металлы, рудопроявлений в углеродистых комплексах с эволюцией центров эндогенной активности, обусловивших формирование рудных ассоциаций. Подобная связь предполагается и в работе [Нечаев, Єсипчук, 2006].

Многие авторы [Іванців, 1972; Рябенко, Моськина, 1980; Яценко, 1998] отмечают такие признаки графитопроявлений как «параллельность», т. е. пространственную сопряженность (без видимой генетической связи) в пределах одного рудного поля существенно различных месторождений — графитовых, золоторудных, редкометалльных; приуроченность к зонам разрывных нарушений глубинного заложения на границах геоблоков. Детальные геолого-петрографические и минералогические наблюдения свидетельствуют об образовании графитовых руд месторождений УЩ путем прямого отложения из флюидной фазы.

Учитывая приведенные факты, имеет смысл проанализировать согласие ОПС с Северо-Западной графитоносной областью, Северо-Украинской нефтегазоносной провинцией и металлогенией территории. Естественно, размеры ОПС не могут соответствовать месторождениям полезных ископаемых, поэтому сопоставление проведено, используя срезы ОПС на глубинах, где расположены центральные части проводящих объектов.

В пределах границ Северо-Западной графитоносной области располагается большая часть ОПС во всем исследованном диапазоне глубин. Наилучшее согласие ОПС наблюдается с графитоносным районом [Яценко, 1998], в пределах которого находится Буртинское месторождение [Нечаев, Єсипчук, 2006]. Здесь выделяются ОПС, расположенные практически на всю мощ-

ность земной коры (рис. 5, см. с. 57). Аналогичная связь наблюдается и для разных частей Кочеровского графитоносного района [Нечаев, Єсипчук, 2006].

С расположенным на глубинах 15—30 км ОПС согласуются месторождения титана и ванадия в южной части Коростенского плутона, а с ОПС, коррелируемыми с вышеуказанными графитоносными районами в этом же интервале глубин, — месторождения кобальта и вольфрама. В западной части СУнп расположены ОПС, которые связаны с месторождениями лития, кобальта и вольфрама.

Из других геолого-геоэлектрических признаков можно отметить, что ОПС, сопоставимые с месторождениями перечисленных выше полезных ископаемых, в земной коре располагаются в блоках пород с сопротивлением 200—1000 Ом·м. Отметим, что расположенные над очень высокоомными блоками месторождения группы платиноидов и скандия не сопровождаются ОПС в земной коре.

В пределах СУнп все проводящие объекты в земной коре располагаются в западной части провинции вне Овручской грабен-синклинали. Глубже 15 км ОПС в земной коре, расположенные в пределах южной части Коростенского плутона, находятся на южной границе СУнп. В верхах мантии проводящие объекты протягиваются полосой от Мозырского нефтегазоносного района к западной части СУнп (см. рис. 5, срез на 70 км).

Намечается корреляция ОПС с зонами разломов. Основная масса ОПС концентрируется около узлов разломов (рис. 6, см. с. 58). Максимальное значение интегральной проводимости ОПС наблюдается в интервале глубин 15—20 км.

Проведенный анализ показал, что геоэлектрические данные позволяют наметить связь проводящих объектов с месторождениями полезных ископаемых с электронным типом проводимости. Видна приуроченность ОПС и месторождений к узлам разломных зон.

Представления о параметрах СУнп в настоящее время основаны на результа-

тах сейсмических и гравимагнитных исследований. Проведенная интерпретация геоэлектрических данных позволила не только определить основные черты распределения геоэлектрических параметров, но и создать базу для учета этих параметров при анализе других данных глубинной геофизики. Полученные результаты позволяют (при всей очевидной недостаточной плотности сети наблюдений и неоднозначности истолкования геоэлектрических данных) использовать их для подтверждения

гипотезы о связи месторождений углеводородов с зонами генерации и транспортировки содержащих УВ флюидов (которые и обуславливают наличие проводящих объектов).

Для построения объемной геоэлектрической модели региона желательное расширение пунктов наблюдений МТ-поля в восточной части рассматриваемой территории (которая приходится на Чернобыльскую зону) и проведение моделирования вдоль профилей широтного простирания.

### Список литературы

- Астапенко В. Н. Земная кора и мантия территории Беларуси по магнитотеллурическим данным. Минск: Экономпресс, 2012. 208 с.
- Астапенко В. Н., Логвинов И. М. Геоэлектрическая модель консолидированной земной коры и верхней мантии вдоль геотраверса EUROBRIDG97. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36. № 5. С. 143—155. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i5.2014.111575>.
- Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Логвинов И. М., Гордиенко И. В., Тарасов В. Н. Электропроводность земной коры северо-запада Украинского щита. *Докл. НАН Украины.* 1997. № 10. С. 125—128.
- Верховцев В. Новітні вертикальні рухи земної кори території України, їх взаємовідношення з лінійними та кільцевими структурами. В кн.: *Енергетика Землі, її геолого-екологічні прояви, науково-практичне використання.* Київ: Вид. Київ. нац. ун-ту, 2006. С. 129—137.
- Гарецкий Р. Г., Клушин С. В. Листрические разломы в Припятском прогибе. *Геотектоника.* 1989. № 1. С. 48—60.
- Геология Беларуси. Отв. ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкий, А. В. Матвеев. Минск: Изд. Ин-та геол. наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.
- Иванців О. Є. Геологія та генезис графітових родовищ України. Київ: Наук. думка, 1972. 134 с.
- Карта гипсометрии подошвы плитных комплексов юго-запада СССР (с использованием материалов космической съемки). 1 : 1 000 000. Ред. Н. А. Крылов. Москва: Изд. Мингео СССР, 1988. 4 л.
- Карта розташування нафтогазоперспективних провінцій та площ України по геофізичним даним. 1 : 4 000 000. Ред. В. І. Старостенко. Київ: Вид. УкрДГРІ, 2004. 1 л.
- Логвинов И. М., Тарасов В. Н. Электропроводность коры и мантии Восточно-Европейской платформы в западной части Украины по данным 2D инверсии. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 1. С. 44—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158863>.
- Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. І. Металічні корисні копалини. Ред. М. П. Щербак, О. Б. Бобров. Київ-Львів: Центр Європи, 2006. 785 с.
- Нечаев С. В., Єсипчук К. Ю. Графіт. В кн.: Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. II. Неметалічні корисні копалини. Наук. ред. М. П. Щербак, С. В. Гошовський. Київ-Львів: Центр Європи, 2006. С. 121—132.
- Рябенко В. А., Моськина О. Д. Углеродистая формация центральной части Украинского щита. Препринт Ин-та геол. наук АН УССР. Киев, 1980. 58 с.
- Тектонічна карта України м-ба 1 : 1 000 000. Ред. Д. С. Гурський, С. С. Круглов. Київ: Вид. УкрДГРІ, 2007.
- Трегубенко В. И., Финчук Л. Л., Белошапская Н. В. Результаты региональных работ методом МТЗ северо-западной части УССР. Киев: Изд. УТГФ, 1989. 130 с.

- Трегубенко В. І., Лукін О. Є., Кремнецкий О. О., Петровский О. П., Костенко М. М., Слоничька С. Г., Шимків Л. М., Нікіташ О. Б., Дзюба Б. М., Нечаєва Т. С., Іпатенко С. П. Вивчення аномальних геофізичних зон Українського щита, прилеглих до нафтогазноносних басейнів, з метою оцінки перспектив їх нафтогазоносності (2005—2009). Київ: Геоінформ, 2009. 405 с.
- Юшин А. А., Мороз В. С., Проскурко Л. І. Генетические особенности проявлений оруденения благородных и цветных металлов в углеродистых комплексах раннего докембрия Криворожского бассейна. *Геол.-мін. вісник Криворізького нац. ун-ту*. 2013. № 1-2. С. 12—18.
- Яценко В. Г. Закономерности пространственного расположения проявлений графита на Украинском щите. В кн.: *Аспекти мінералогії України*. Київ: ГНЦ РОС, 1998. С. 254—270.
- Logvinov, I.M. (2015). Deep Geoelectrical Structure of the Central and Western Ukraine. *Acta Geophysica*, 63(5), 1216—1230. doi: 10.1515/ageo-2015-0049.
- Rokityansky, I.I. (1982). *Geoelectromagnetic Investigation of the Earth's Crust and Mantle*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 177 p. doi: 10.1007/978-3-642-61801-7.
- Semenov, V. Yu., Pek, J., Adam, A., Jozwiak, W., Ladanyvskyy, B., Logvinov, I., Pushkarev, P., & Vozar, J. (2008). Electrical structure of the upper mantle beneath Central Europe: Results of the CEMES project. *Acta Geophysica*, 56(4), 957—981. <https://doi.org/10.2478/s11600-008-0058-2>.
- Siripunvaraporn, W., & Egbert, G. (2000). An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data. *Geophysics*, 65(3), 91—803. <https://doi.org/10.1190/1.1444778>.

## Geoelectric parameters of the northwestern Ukrainian Shield from 2D inversion

*I. M. Logvinov, V. N. Tarasov, I. V. Gordienko, 2020*

Based on a 2D inversion of magnetotelluric data along six meridional profiles traversing the northwestern part of the Ukrainian Shield, local objects of reduced resistivity (with  $\rho < 100 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ ) in the Earth's crust and upper mantle are identified. The analysis of the geoelectric data makes it possible to outline the relation of conductive objects to mineral deposits with the electron type conductivity. The low resistivity objects (LRO) comparable with the in the Earth's crust deposits of most minerals with the electron-type conductivity are arranged in the Earth's crust in blocks of rocks with a resistivity of 200—1000  $\text{Ohm} \cdot \text{m}$ . The deposits of the platinoid group and scandium are located above very high-resistivity blocks (with resistivity exceeding 1000  $\text{Ohm} \cdot \text{m}$ ) and are not accompanied by LRO in the Earth's crust. Within the boundaries of the North-West graphite-bearing region, most of the LRO are located in the Earth's crust depths. Relation of the LRO in the Earth's crust and mineral deposits to nodes of fault zones active in the last 3 million years can be seen. Conductive structures in the Earth's crust of the North-Ukrainian oil and gas province (NUOP) are located in its western part outside the borders of the Ovruch graben-syncline. At the upper mantle, conducting objects stretch from the Mozyr oil and gas region to the western part of the NUOP. The results can be used to search for mineral deposits with electron-type conductivity and to confirm the hypothesis of the role of Earth degassing and the relationship of hydrocarbon deposits to the zones of generation and transport of hydrocarbon-containing fluids.

**Key words:** conductivity, metallogeny, oil-graphite, faults, north-west of the Ukrainian Shield.

## References

- Astapenko, V.N. (2012). *The Earth's crust and mantle on the territory of Belarus magnetotelluric data*. Minsk, 208 p. (in Russian).
- Astapenko, V.N., & Logvinov, I.M. (2014). Geoelectric model of consolidated Earth's crust and upper mantle along the geotraverse EURO-BRIDG-97. *Geofizicheskij zhurnal*, 36(5), 143—155. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i5.2014.111575> (in Russian).
- Burakhovich, T.K., Kulik, S.N., Logvinov, I.M., Gordienko, I.V., & Tarasov, V.N. (1997). Conductivity crust of the n-w Ukrainian Shield. *Doklady NAN Ukrainy*, (10), 125—128 (in Russian).
- Verkhovtsev, V. (2006). Newest vertical crustal movements in Ukraine, their relationship with linear and circular structures. In *Power Earth, its geological and environmental displays, scientific and practical use* (pp. 129—137). Kyiv: Publ. of the Kiev National University (in Ukrainian).
- Garetskiy, R.G., & Klushin, S.V. (1989). Listric faults in the Pripyat Trough. *Geotectonika*, (1), 48—60 (in Russian).
- Makhnach, A.S., Garetskiy, R.G., & Matveev, A.V. (Eds.). (2001). *Geology of Belarus*. Minsk: Edition of the Institute of Geological Sciences of the NAS of Belarus, 2001. 815 p. (in Russian).
- Ivantsiv, O.Ye. (1972). *Geology and genesis of graphite deposits of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka, 134 p. (in Ukrainian).
- Krylov, N.A. (Ed.). (1988). *Map of the hypsometry of the sole of the plate complexes of the southwest of the USSR (using space survey materials)*. 1 : 1 000 000. Moscow: Edition of the Ministry of Geology of the USSR (in Russian).
- Starostenko, V.I. (Ed.). (2004). *Map of the location of oil and gas prospective provinces and areas of Ukraine by geophysical data*. 1 : 4 000 000. Kyiv: Publ. of the Ukrainian State Geological Survey Institute (in Ukrainian).
- Logvinov, I.M., & Tarasov, V.N. (2019). Electrical conductivity of the crust and mantle of the East European platform in the western part of Ukraine from 2D inversion. *Geofizicheskij zhurnal*, 41(1), 44—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158863> (in Russian).
- Shcherbak, M.P., & Bobrov, O.B. (Eds.). (2006). *Mineral deposits of Ukraine. Vol. I. Metalliferous mineral deposits*. Kyiv-Lviv: Tsentruropy, 785 p. (in Ukrainian).
- Nechaev, S.V., & Yesypchuk, K.Yu. (2006). Graphite. In M.P. Shcherbak, & S.V. Hoshovsky (Eds.), *Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine. Vol. II. Non-metallic minerals* (pp. 121—132). Kyiv-Lviv: Tsentruropy (in Ukrainian).
- Ryabenko, V.A., & Moskina, O.D. (1980). *Carbon formation of the central part of the Ukrainian Shield*. Preprint of the Institute of Geological Sciences of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Kiev, 58 p. (in Russian).
- Hurskiy, D.S., & Kruglov, S.S. (Eds.). (2007). *Tektonichna karta Ukrainy. 1 : 1 000 000*. Kyiv: Publ. of the Ukrainian State Geological Survey Institute (in Ukrainian).
- Tregubenko, V.I., Finchuk, L.L., & Beloshapskaya, N.V. (1989). *Results of regional works by the MTZ method of the northwestern part of the USSR*. Kiev: Publ. of the Ukrainian Territorial Geological Fund, 130 p. (in Russian).
- Tregubenko, V.I., Lukin, O.E., Kremnetskiy, O.O., Petrovskiy, O.P., Kostenko, M.M., Slonytska, S.G., Shimkiv, L.M., Nikitash, O.B., Dzyuba, B.M., Nechaev, T.S., Ipatenko, S.P. (2009). *Study of the anomalous geophysical zones of the Ukrainian Shield adjacent to oil-gas-bearing basins in order to assess the prospects for their oil-and-gas potential (2005—2009)*. Kiev: Geoinform, 405 p. (in Ukrainian).
- Yushyn, O.O., Moroz, V.S., & Proskurko, L.I. (2013). Genetic peculiarities of manifestations of precious and non-ferrous metals mineralization in carboniferous complexes of the Early Precambrian at the Kryvyi Rih basin. *Heolohomineralohichnyy visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu*, (1-2), 12—18 (in Russian).

- Yatsenko, V.G. (1998). Regularities of the spatial arrangement of graphite manifestations on the Ukrainian Shield. In *Aspects of mineralogy in Ukraine* (pp. 254—270). Kyiv: Publ. of the State Scientific Center for Environmental Geology (in Russian).
- Logvinov, I.M. (2015). Deep Geoelectrical Structure of the Central and Western Ukraine. *Acta Geophysica*, 63(5), 1216—1230. doi: 10.1515/acgeo-2015-0049.
- Rokityansky, I.I. (1982). *Geoelectromagnetic Investigation of the Earth's Crust and Mantle*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 177 p. doi: 10.1007/978-3-642-61801-7.
- Semenov, V. Yu., Pek, J., Adam, A., Jozwiak, W., Ladanyvskyy, B., Logvinov, I., Pushkarev, P., & Vozar, J. (2008). Electrical structure of the upper mantle beneath Central Europe: Results of the CEMES project. *Acta Geophysica*, 56(4), 957—981. <https://doi.org/10.2478/s11600-008-0058-2>.
- Siripunvaraporn, W., & Egbert, G. (2000). An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data. *Geophysics*, 65(3), 91—803. <https://doi.org/10.1190/1.1444778>.