
doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.06.057>

УДК 550.372

И.М. Логвинов, В.Н. Тарасов

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

E-mail: anna_log@ukr.net

Меридиональные неоднородности (по данным магнитотеллурических исследований) на территории Днепровско-Донецкой впадины

Представлено академиком НАН Украины В.И. Старостенко

На основании двухмерной инверсии данных магнитотеллурических исследований выявлены три квазимеридиональных зоны проводимости (ЗП), пересекающих Днепровско-Донецкую впадину. По глубине проводящие объекты расположены от осадочных пород до 70 км и более. Пространственно ЗП согласуются с региональными тектоническими зонами, активизированными в различные эпохи вплоть до современной. На территории Днепровского грабена зоны контролируют расположение месторождений нефти, нефтегазовые и нефтегазоконденсатные. Восточнее ЗП в основном находятся только газосодержащие месторождения. Полученные результаты можно использовать для подтверждения гипотезы о связи месторождений углеводородов с зонами генерации и транспортировки содержащих углеводороды флюидов, расположенными вплоть до мантии.

Ключевые слова: *проводимость, геоэлектрические разрезы, земная кора, верхняя мантия, тектоническая активизация, нефтегазоносность, Днепровско-Донецкая впадина.*

Днепровско-Донецкая впадина (ДДВ) постоянно привлекает интерес геологов и геофизиков в связи со значительными запасами нефти, газа, угля и многих других полезных ископаемых. В последние годы в Институте геофизики НАН Украины (ИГФ) удалось систематизировать результаты и создать Базу данных магнитотеллурических исследований территории ДДВ. В Базу вошли результаты производственных организаций Украины, обобщенные в работе [1] и полученные сотрудниками ИГФ [2–5]. Всего на территории ДДВ и непосредственно примыкающих частей Украинского щита (УЩ) и Воронежского массива удовлетворяют современным требованиям данные более чем в 250 пунктах (рис.1). Наибольшая плотность пунктов наблюдений и количество интерпретационных параметров на них позволяют выполнить 2D инверсию на серии профилей, параллельных простиранию Днепровского-Донецкого грабена (ДДГ). Такое простирание профилей дает возможность выявить наличие квазимеридиональных неоднородностей, которые могут быть связаны с выделенными в пределах УЩ зонами протерозойской и последующих активизаций. Известно,

© И.М. Логвинов, В.Н. Тарасов, 2017

ISSN 1025-6415. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2017. № 8

57

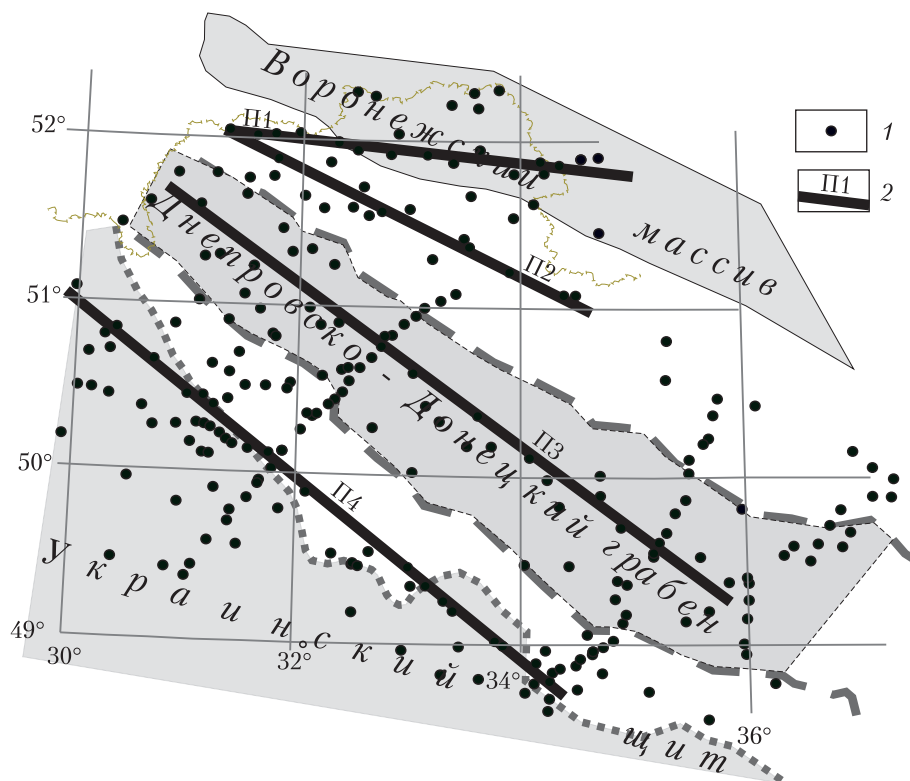


Рис. 1. Карта расположения пунктов наблюдений (1) МТ поля (составили В.И.Трегубенко, И.М. Логвинов, В.Н. Тарасов). 2 — интерпретационные профили. Тектоническая основа по [6]

что наличие в консолидированной земной коре локальных аномалий сопротивления (объектов пониженного сопротивления (ОПС)) зачастую обусловлено существованием тепловых источников в земной коре и верхней мантии, которые приводят к образованию минерализованных и гидротермальных вод, флюидов. Определение подобных аномалий дает возможность использовать полученные данные для выяснения нефтегазоносности, расчета геоэнергетических ресурсов и других явлений.

Экспериментальные данные и методика интерпретации. Для выполнения поставленной задачи использовались результаты магнитотеллурических зондирований (МТЗ) и вертикальных магнитных переходных функций (ВМПФ) в диапазоне периодов от 1–16 с до 900–6400 с. Значения модулей ВМПФ определены с точностью 0,01–0,03, а их фазы — до 5°. Результаты МТЗ определены с точностью, в основном не превышающей 10 % для сопротивлений и 3–5° по фазе импеданса. Согласно принятой методике [5], обязательным условием отбора кривых МТЗ для интерпретации было наличие в результатах МТЗ фазы импеданса. Отличие настоящей работы от предыдущих заключается не только в количестве интерпретационных профилей, привлечении экспериментальных данных последних лет, но и в использовании точных координат пунктов наблюдений производственных организаций и широком применении ВМПФ.

Наличие ОПС определяли методом 2D инверсии по программе REVOCC [7] на основе OCCAM алгоритма. Особенностью методики применения программы REVOCC было ис-

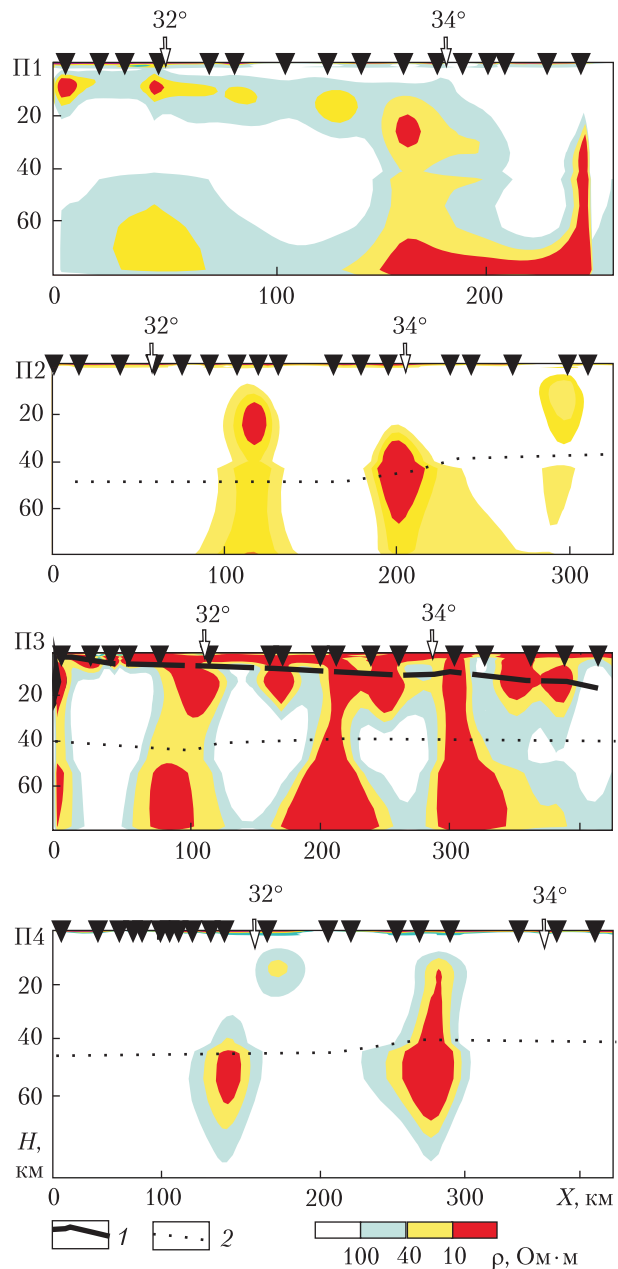
Рис. 2. Геоэлектрические модели вдоль интерпретационных профилей. 1 — подошва осадочных пород по [6]; 2 — граница М по [2]

пользование ключей программы инверсии, которые позволяли учитывать реальное наличие экспериментальных данных для каждого параметра, в каждом пункте и на каждом периоде. На всех профилях удалось привлечь для 80–90 % пунктов экспериментальные данные для ТЕ, ТМ и ТР (включение последней значительно улучшило качество результатов моделирования) мод.

Шаг ячеек по горизонтали изменялся от 3 до 6 км в зависимости от расстояния между пунктами наблюдений. Мощность слоев была одинаковой для всех профилей (как и для остальных регионов Украины). В стартовых моделях геоэлектрические параметры взяты согласно интерпретации: для осадочных пород — приведенной в [2], для вмещающей среды — опорной кривой зондирования на геомагнитной обсерватории Киева [8]. Профиль П3 пересекает район широкого развития хемогенных осадков, геометрические параметры которых хорошо известны по геолого-геофизическим данным, что позволило закрепить эти данные в стартовой модели.

В программе REBOCC трудно осуществить закрепление уровня сопротивления (ρ) проводящих объектов и она построена таким образом, что в результате моделирования подбираются объекты с наименьшими пространственными размерами и минимальным сопротивлением. Длина интерпретационных профилей и диапазон используемых периодов позволяют корректно строить модели до глубины порядка 70–90 км. В то же время для кондиционного построения геоэлектрической модели на глубинах менее 2 км уровень ρ поверхностных отложений требует данных наблюдений магнитотеллурического поля на периодах менее 1 с. Поэтому геоэлектрические параметры до глубины 2 км и ниже 90 км при моделировании были закреплены.

Результаты. Монтаж геоэлектрических моделей вдоль интерпретационных профилей, совмещенных по их пересечениям с меридианами, представлен на рис. 2. На профилях



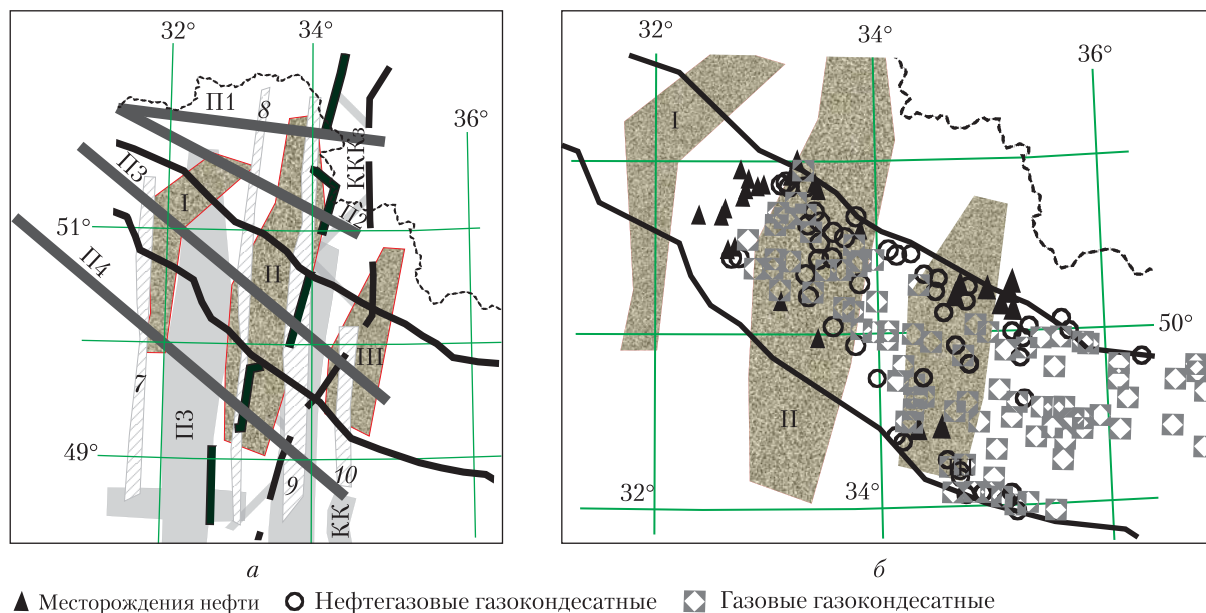


Рис. 3. Сопоставление региональных зон пониженного сопротивления (I, II, III): *а* – с зонами активизации: киммерийской [9] (ПЗ – Пирятин-Знаменская, КК – Криворожско-Кременчугская) и активные в новейшее время [10] (7 – Щорско-Николаевская, 8 – Новгород-Северско-Новокаховская, 9 – Дружбинско-Орджоникидзевская, 10 – Котельвинско-Нижнесерогская); *б* – с нефтегазоносностью [11]

показаны подошвы осадочных отложений и земной коры (граница М). На профилях П1, П2 и П4 мощность осадков не превышает 1 км, поэтому их подошва не показана. Верхний слой, мощностью до 350 м (соответствующий четвертичным и кайнозойским отложениям), подстилается слоем с максимальной мощностью 2–3 км, отражающим мезозойские породы, сопротивление которых не превышает первых Ом·м в пределах ДДГ и увеличивается до 40–50 Ом·м на склонах ДДВ. Ниже располагается толща осадков палеозоя, мощность которых в пределах ДДГ составляет более 10 км. Мощность мезозойских и палеозойских пород с низкими значениями ρ уменьшается с запада на восток, что обусловлено развитием соленосных отложений. Наиболее полно хемогенные образования нижней перми представлены на участке между Полтавой и Шебелинкой, где их мощность достигает 1500–2000 м, тогда как на остальной территории она не превышает 200–300 м.

На всех профилях в консолидированной земной коре выделяется несколько ОПС (см. рис. 2). Наибольшее их количество имеется на ПЗ, проходящем вдоль оси ДДГ. Верхние части всех ОПС здесь связаны с осадочными породами. В верхах мантии на всех профилях также выделяются ОПС, в большинстве случаев связанные с коровыми ОПС.

Проанализируем ОПС, которые выделяются пространственно на большинстве профилей, образуя региональные зоны. Можно выделить три зоны (рис. 3). Коровые и мантийные составляющие зоны I протягиваются практически вдоль 32° в.д. и лишь на П2 отклоняются на 50 км к востоку. Коровые ОПС зоны располагаются выше 20 км, тогда как на П2 залегают в интервале глубин 20–30 км. Кровля наиболее проводящих частей мантийных ОПС располагается в районе границы М. Зона II располагается между 33° и 34° в.д. Зона III, четко

выделенная в пределах ДДГ, возможно, протягивается и далее на север, но длина интерпретационных профилей недостаточна для уверенного утверждения этого.

Обсуждение. Со стороны УЩ к исследуемой части ДДВ подходят три региональных тектонических зоны квазимеридионального простирания (см. рис. 3, а). Положение зон нанесено по рисункам, на которых отсутствует координатная привязка, что затрудняет точное сопоставление с зонами ОПС. Западная зона, пространственно согласующаяся с ОПС I, выделяется как Пирятин-Знаменская зона киммерийской активизации [9]. С ней согласуется Щорско-Николаевская зона разлома, активного в последние 3 млн лет [10]. С Криворожско-Кременчугско-Крупещкой зоной (КККз) докембрийского заложения давно связывается Кировоградская аномалия электропроводности, к которой явно относится ОПС II. Зоны проводимости II и III располагаются вдоль краевых разломов КККз. С западным разломом согласуются и зоны: киммерийской активизации (Криворожско-Кременчугской) [9] и активные в последние 3 млн лет (Новгород—Северско-Новокаховской) [10]. Вдоль восточного разлома выделяется Дружбинско-Орджоникидзе́вская зона, активная в последние 3 млн лет [10], полностью согласующаяся с ОПС III. Эти факты дают основание предполагать существование активных процессов и в настоящее время.

Сопоставление геоэлектрических результатов с нефтегазоносностью представлено на рис. 3, б. Намечается связь нефтяных, нефтегазовых и нефтегазоконденсатных месторождений с ОПС II и III, тогда как большинство газосодержащих месторождений находятся западнее ОПС III.

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 углеводороды флюидов (которые и обуславливают наличие проводящих объектов). Согласование проводников с нефтегазоносностью впадины делает возможным (при более детальных исследованиях) привлечение данных глубинной геоэлектрики (наряду с другой геолого-геофизической информацией) к ее районированию по перспективности обнаружения месторождений углеводородов.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ingerov A.I., Rokityansky I.I., Tregubenko V.I. Forty years of MTS studies in the Ukraine. *Earth Planet Space*. 1999. **51**. P. 1127–1133.
2. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Ковачикова С., Логвинов И.М., Пек Й., Тарасов В.Н., Усенко О.В. Днепровско-Донецкая впадина (геофизика, глубинные процессы). Киев: Корвин пресс, 2006. 142 с.
3. Логвинов И.М., Гордиенко В.В., Тарасов В.Н. Новые результаты геоэлектрических исследований Кировоградской аномалии электропроводности на севере Украины. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2009. № 6. С. 135–142.
4. Варенцов Ив.М., Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Ковачикова С., Логвинов И.М., Тарасов В.Н., Трегубенко В.И. Склон Воронежского кристаллического массива (геофизика, глубинные процессы). Киев: Логос, 2013. 112 с.
5. Logvinov I.M. Deep Geoelectrical Structure of the Central and Western Ukraine. *Acta Geophys.* 2015. **63**, № 5. P. 1216–1230. doi: <https://doi.org/10.1515/acgeo-2015-0049>
6. Арсирий Ю.А., Билык А.А., Бланк М.И. и др. Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины. Киев: Мингео УССР, 1984. 190 с.

7. Siripunvaraporn W., Egbert G. An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data. *Geophysics*. 2000. **65**, № 3. P. 791–803.
8. Semenov V.Yu., Pek J., Adam A., Jozwiak W., Ladanyvskyy B., Logvinov I., Pushkarev P., Vozar J. Electrical structure of the upper mantle beneath Central Europe: Results of the CEMES project. *Acta Geophys.* 2008. **56**, № 4. P. 957–981.
9. Шумлянський В.А. Киммерийська епоха на території України. Київ: Наук. думка. 1983. 220 с.
10. Верховцев В. Новітні вертикальні рухи земної кори території України, їх взаємовідношення з лінійними та кільцевими структурами. *Енергетика Землі, її геолого-екологічні прояви, науково-практичне використання*. Київ: Вид-во Київ. ун-ту, 2006. С. 129–137.
11. Атлас родовищ нафти і газу України. Т. 1–3. Іванюта М.М. та ін. (ред.). Львів, 1998.

Поступило в редакцію 24.02.2017

REFERENCES

1. Ingerov, A. I., Rokityansky, I. I. & Tregubenko, V. I. (1999). Forty years of MTS studies in the Ukraine. *Earth Planet Space*, 51, pp. 1127-1133.
2. Gordienko, V. V., Gordienko, I. V., Zavgorodnyaya, O. V., Kovachikova, S., Logvinov, I. M., Pec, J., Tarasov, V. N. & Usenko, O. V. (2006). Dnieper-Donets basin (Geophysics, deep processes). Kiev: Korvin Press (in Russian).
3. Logvinov, I. M., Gordienko, I. V. & Tarasov, V. N. (2009). New results of geoelectrical studies of the Kirovograd anomaly of conductivity in the north part of Ukraine. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, No. 6, pp. 135-142 (in Russian).
4. Varencov, Iv. M., Gordienko, V. V., Gordienko, I. V., Zavgorodnyaya, O. V., Kovachikova, S., Logvinov, I. M., Tarasov, V. N. & Tregubenko, V.I. (2013). The slope of the Voronezh crystalline massif (Geophysics, deep processes). Kiev: Logos (in Russian).
5. Logvinov, I. M. (2015). Deep Geoelectrical Structure of the Central and Western Ukraine. *Acta Geophys.* 63, No. 5, pp. 1216-1230. doi: <https://doi.org/10.1515/acgeo-2015-0049>
6. Arsiy, Yu. A., Bilyk, A. A., Blank, M. I. et al. (1984). Atlas of the geological structure and oil and gas potential of the Dnieper-Donets Basin. Kiev: Minheo USSR (in Russian).
7. Siripunvaraporn, W., Egbert, G. (2000). An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data. *Geophysics*, 65, No. 3, pp. 791-803.
8. 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 Geophys.*, 56, No. 4, pp. 957-981.
9. Shymlanskij, V. A. (1983). Cimmerian epoch on the territory of Ukraine. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
10. Verkhovtsev, B. (2006). The latest vertical movements of the Earth crust of the territory of Ukraine, their relationships to the linear and structures. Power of the Earth, its geological and environmental implications, scientific and practical use (pp. 129-137). Kiev: VPTs "Kyivskiy universytet" (in Ukrainian).
11. Ivanyuta, M. M. et al. (Eds.) (1998). Atlas of oil and gas in Ukraine. Vol. 1-3. Lviv (in Russian).

Received 24.02.2017

И.М. Логвинов, В.М. Тарасов

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ

E-mail: anna_log@ukr.net

МЕРИДІОНАЛЬНІ НЕОДНОРІДНОСТІ (ЗА ДАНИМИ МАГНІТОТЕЛУРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ) НА ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

На підставі двовимірної інверсії даних магнітотелуричних досліджень виявлено три квазімеридіональних зони провідності (ЗП), що перетинають Дніпровсько-Донецьку западину. За глибиною провідні об'єкти розташовані від осадових порід до 70 км і більше. Просторово ЗП узгоджуються з регіональними тектонічними зонами, активізованими в різні епохи аж до сучасної. На території Дніпровського грабена зони контролюють розташування родовищ нафти, нафтогазові і нафтогазоконденсатні. На схід від ЗП здебіль-

шого знаходяться тільки газомісні родовища. Отримані результати можна використовувати для підтвердження гіпотези про зв'язок родовищ вуглеводнів із зонами генерації і транспортування вуглеводневмісних флюїдів, розташованими аж до мантії.

Ключові слова: провідність, геоелектричні розрізи, земна кора, верхня мантія, тектонічна активізація, нафтогазоносність, Дніпровсько-Донецька западина.

I.M. Logvinov, V.N. Tarasov

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kiev

E-mail: anna_log@ukr.net

MERIDIONAL HETEROGENEITIES
(ACCORDING TO MAGNETOTELLURIC STUDIES)
ON THE TERRITORY OF THE DNIEPER-DONETS BASIN

On the basis of a two-dimensional magnetotelluric inversion data, 3 quasimeridional conduction zones (CZs) crossing the Dnieper-Donets Basin are identified. In depth, the conducting objects are located on sedimentary rocks up to 70 km and more. Spatially, CZs are consistent with regional tectonic zones activated at different times up to today. On the Dnieper graben, the zones control the location of oil, oil-gas, and oil-gas-condensate fields. To the east from CZs, only gassy mines are mainly available. The results can be used to confirm the hypothesis that hydrocarbon deposits are associated with zones of generation and transport of hydrocarbon-containing fluids located right up to the mantle.

Keywords: conductivity, geoelectric section, crust, upper mantle, tectonic activation, oil-gas, Dnieper-Donets Basin.