

УДК 550.837:551.24(477)

ТРЕХМЕРНАЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИАЗОВСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Кушнир А. Н.
(Институт геофизики НАНУ, г. Киев)

Розглядається можливість побудування тривимірної геоелектричної моделі земної кори Приазовського мегаблока Українського щита за результатами спостережень природного електромагнітного поля в області низьких частот.

A possibility of building 3D geoelectric model of the earth's crust of the Priazovsky megablock of the Ukrainian shield based on the results of the measurements of the natural electromagnetic field in the low frequency range is considered.

Плотность наблюдений естественного электромагнитного поля внешнего источника в области низких частот позволяет построить трехмерную (3D) геоэлектрическую модель земной коры и ответить на некоторые вопросы глубинного строения и тектоники Приазовского мегаблока (Пр) Украинского щита (УЩ) (рис. 1).

В первую очередь это касается существования, параметров пространственного положения аномалий высокой электропроводности в недрах земной коры, их природы особенно в границах сейсмогенерирующих структур, которые определяют режим современной сейсмичности.

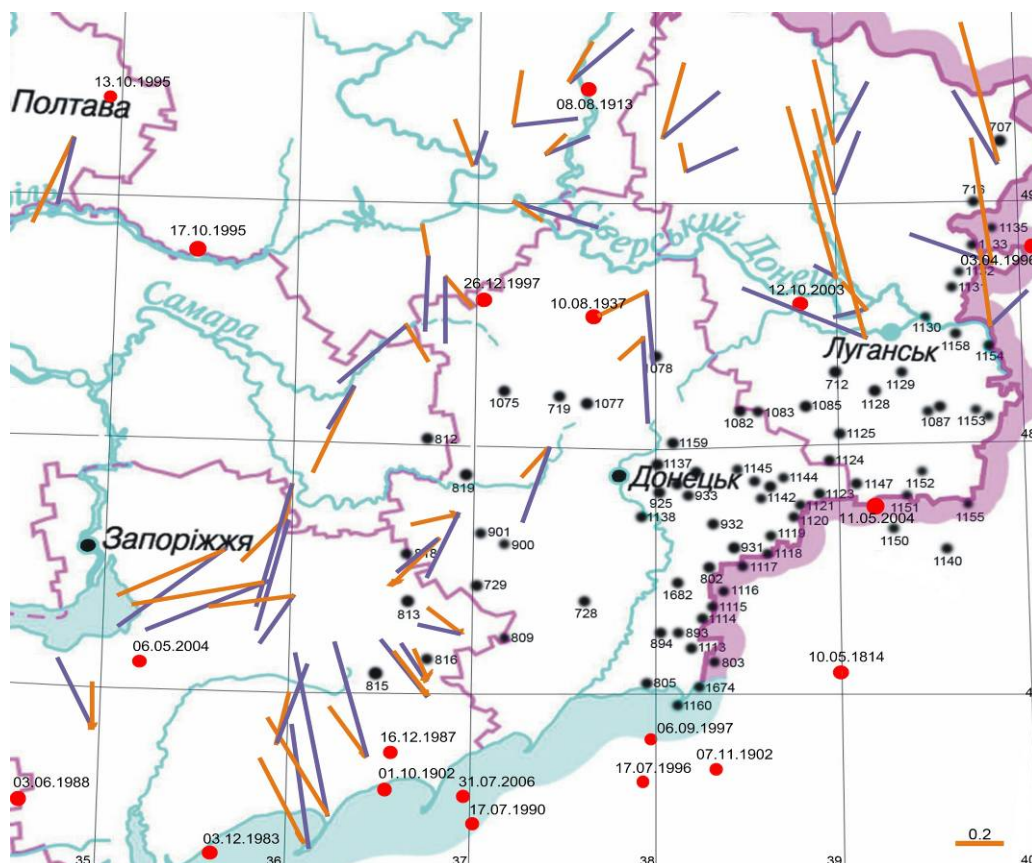


Рис. 1. Область построения трехмерной геоэлектрической модели Приазовского мегаблока УЩ и Донбасса

Точки: чёрные – пункты наблюдений МТЗ; красные – эпицентры землетрясений; типперы для периода геомагнитных вариаций $T=150$ с: красные – наблюдаемые и синие – рассчитанные магнитовариационные параметры

Построение 3D модели основывалось на анализе магнитовариационных параметров поля геомагнитных вариаций ($T=150$ с), типперов вдоль профилей (рис. 1) и магнитотеллурических зондирований (МТЗ) в диапазоне периодов магнитотеллурического поля до 4000 с во многих пунктах региона (около 85), примеры которых приведены на рис. 2 [Ингеров, 1988, 1987, Ingerov and all, 1999, Ингеров и Рокитянский, 1993, Бурахович и др., 1987, Бурахович и Кулик, 2001].

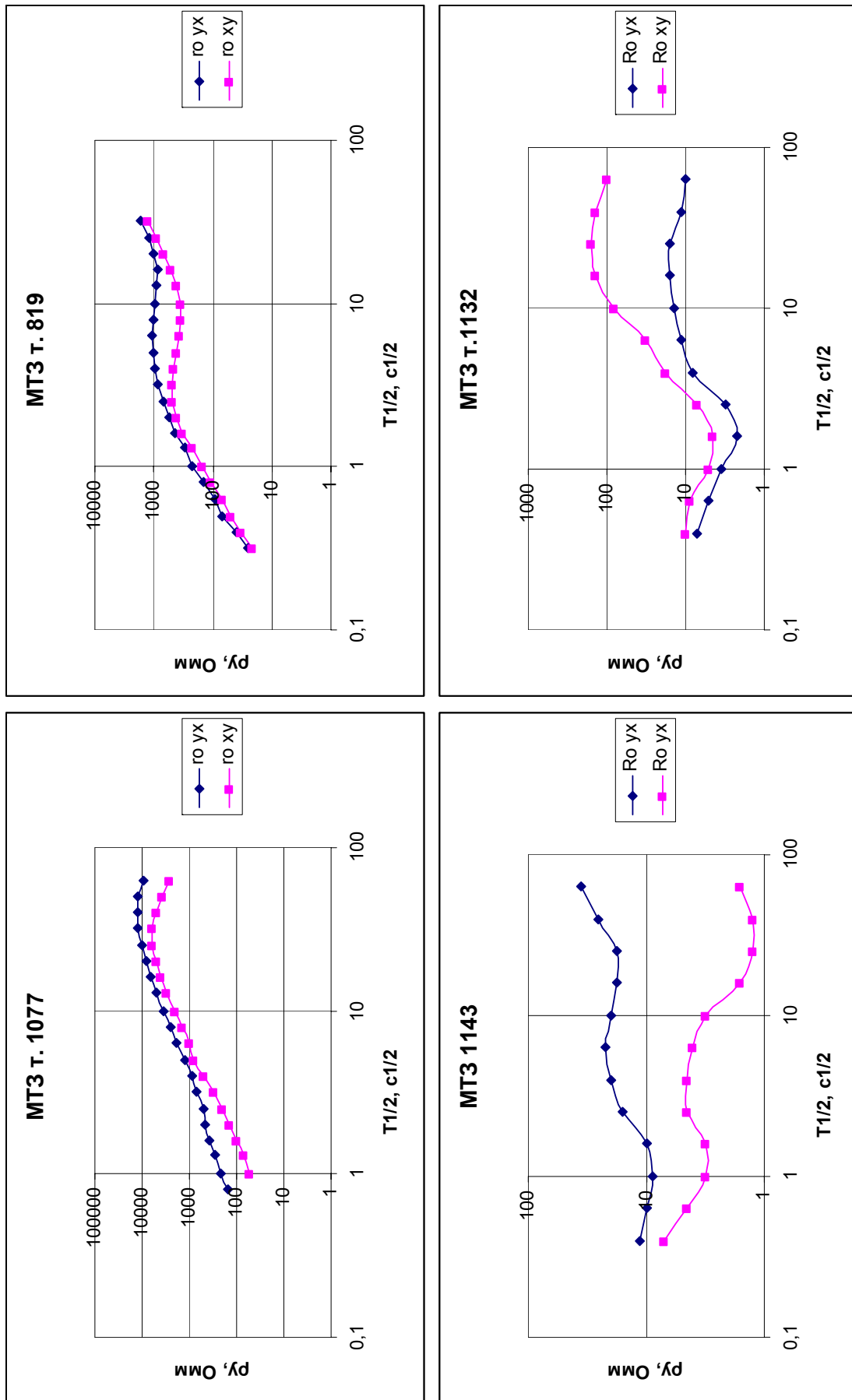


Рис. 2. Примеры наблюдаемых кривых МТЗ, расположенных в области построения модели

На основе экспериментальных наблюдений геомагнитных вариаций на периоде $T=150$ с были построены схемы модулей индукционных параметров C_x (субширотной) и C_y (субмеридиональной) компонент (рис. 3).

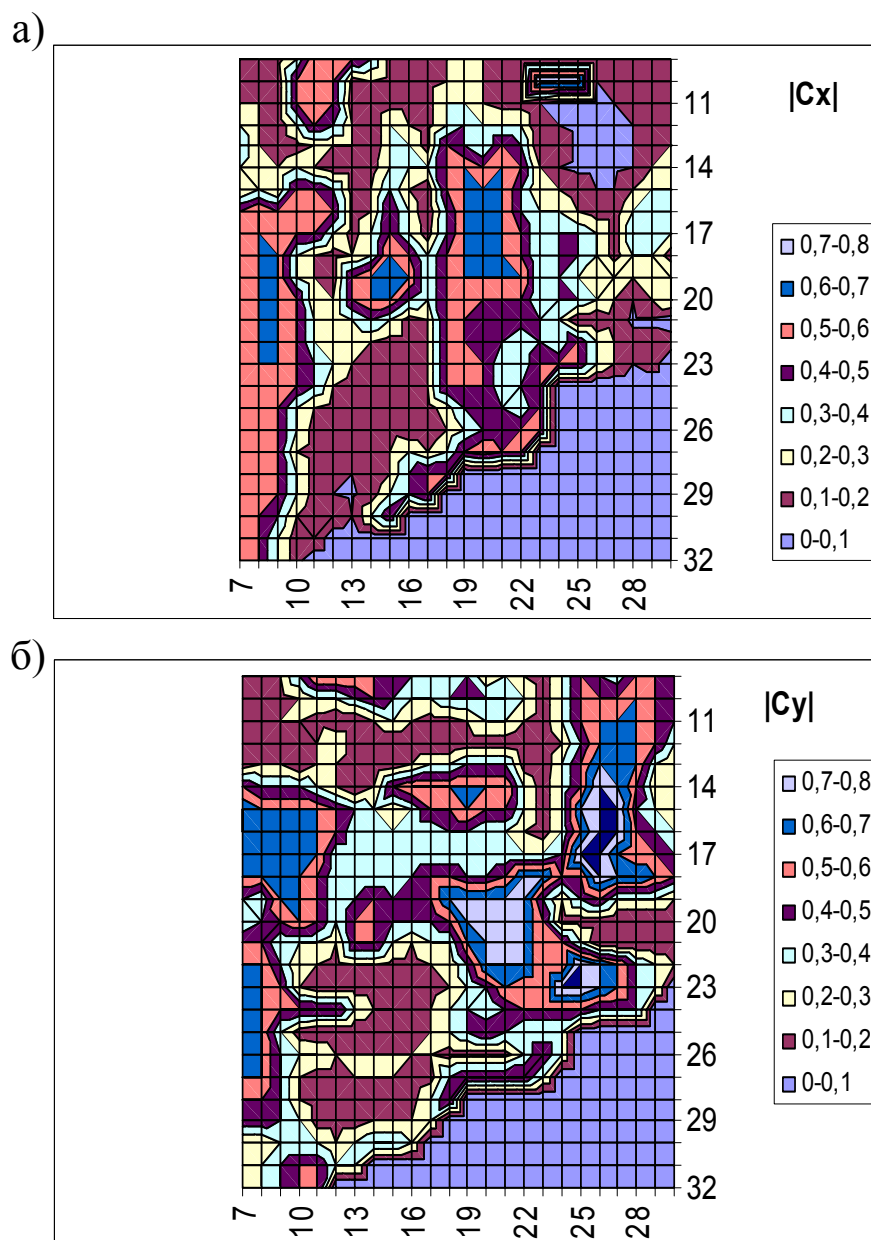


Рис. 3. Модули индукционных параметров C_x (а) и C_y (б)

Анализ кривых магнитотеллурического зондирования показывает, что Приазовье и сопредельные территории Донбасса и юго-востока Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), содержат области с высокой электропроводностью на разных глубинах. По

магнитовариационным данным территория характеризуется резкими латеральными неоднородностями с градиентами, которые значительно меньше пространственной длины волны электромагнитного поля. Это вызвано значительной степенью неоднородным в горизонтальном плане распределением электропроводности пород.

Аномалия высокой электропроводности в пределах Приазовского мегаблока на глубинах 5 км с суммарной продольной проводимостью (S) – 500 См, была открыта авторами в 1987 г. [Бурахович и др., 1987]. Соотношение продольной и поперечной кривых показало, что глубинная аномалия не имеет гальванической связи с поверхностными проводящими отложениями. Последующие геоэлектрические исследования [Ингеров и Рокитянский, 1993, Белявский и др., 2001, Белявский и др., 2004, Азаров и др., 2005] подтвердили наличие Приазовской аномалии высокой электропроводности. Были построены различные модели и получены количественные оценки, как пространственного расположения, так и электрических параметров. Аномалии магнитотеллурического поля получены на нескольких разломах Приазовского блока [Ингеров и Рокитянский, 1993]. «Практически под всей исследуемой частью Западно-Приазовского блока на глубине от 20 до 40 км с погружением в восточном направлении присутствует коровый слой... проводящая пластина как бы разорвана и ее части тяготеют к зонам разломов, ограничивающим Восточно-Приазовский блок с запада и востока» [Белявский и др., 2004]. Наиболее детальную конструкцию Приазовской аномалии представлено в [Азаров и др., 2005], где «четко фиксируемые глубинные аномалии электропроводности в ОПШЗ и Центральном Приазовье (между Розовским и Мануильским разломами) обусловлены преобразованием архейской коры в протерозое в обстановке активной континентальной окраины». Все эти результаты, а так же двумерные и квазитрехмерные пленочные модели [Белявский и др., 2001] были использованы для решения поставленной в данной статье задаче - построения трехмерной геоэлектрической модели земной коры Приазовского мегаблока.

Инструментом для создания и расчета электрических и магнитных компонент магнитотеллурического поля, типперов и кри-

вых кажущегося удельного электрического сопротивления (ρ_k) послужила широко распространенная программа 3D моделирования Р. Макки [Randall L. Macki, 1994].

Методика построения моделей учитывает существенное влияние на электромагнитные параметры неоднородного распределения электропроводности приповерхностного проводящего слоя. Его суммарная проводимость в основном соответствует мощности осадочных отложения (за исключением Донбасса) и коррелирует с основными структурными геологическими единицами. Приазовский мегаблок характеризуется относительно низкими значениями, но резкими изменениями S от 0,5 до 100 (рис. 4). В Донецком бассейне, где кристаллический фундамент залегает на глубинах более 20 км, S не превышает 1000 См. На южном склоне УЩ значения S достигают 1000 См, в то время как, в ДДВ наблюдается большая мощность осадков и поэтому значения S превышают 2000 См. В акватории Азовского моря S приповерхностного проводящего слоя принята в модели от 1000 до 2000 см.

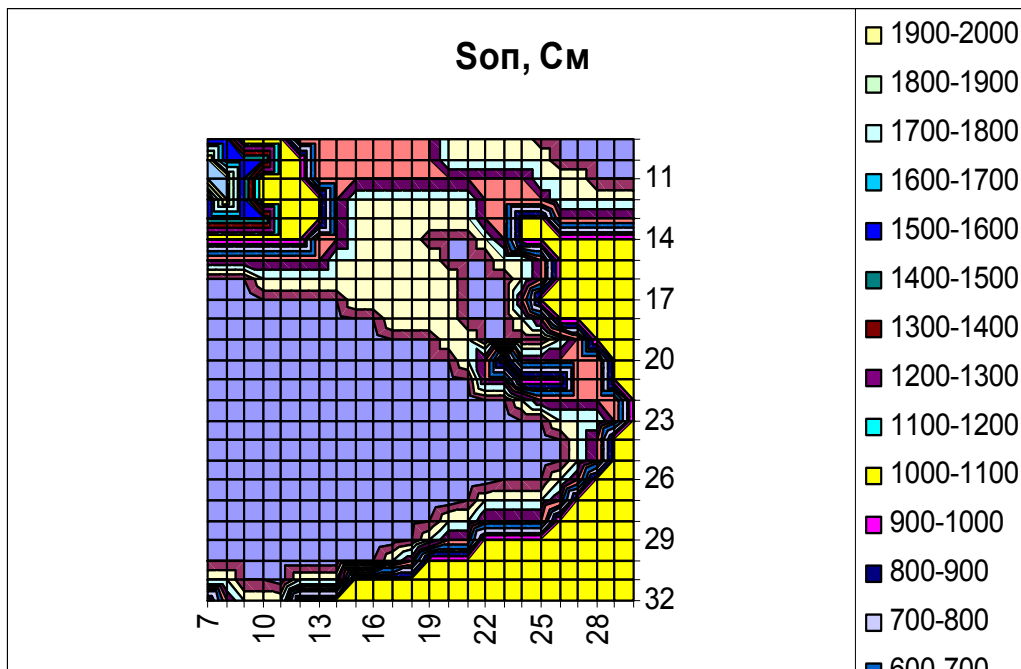


Рис. 4. Суммарная продольная проводимость приповерхностного слоя в области построения модели

Одним из важных при построении 3D модели являются значения удельного электрического сопротивления «нормального» (ρ_n) горизонтально-слоистого разреза, на фоне которого строятся объемные геоэлектрические модели земной коры. Для УЩ он состоит из 10 слоев (таблица 1) [Бурьянов и др., 1985].

Таблица 1
Значения удельного электрического сопротивления слоев Украинского щита

Интервал глубин, км	ρ_n , Ом·м.	Интервал глубин, км	ρ_n , Ом·м.
0 – 160	1000	400-500	20
160-200	600	500-600	10
200-250	250	600-760	5
250-320	100	760-960	1
320-400	50	> 960	

В результате анализа наблюдаемых геоэлектрических данных и предыдущих исследований [Ингеров, 1988, 1987, Ingerov and all, 1999, Азаров и др., 1998, Рокитянский и др., 1994, Ингеров и Рокитянский, 1993, Бурахович и др., 1987, Бурахович и Кулик, 2001, 2000а, 2000б, Рокитянский и др., 1989, Логвинов и Лысенко, 1995] были построены различные варианты объемного распределения электропроводности в земной коре.

Прежде всего, было рассчитаны и проанализированы индукционные параметры для модели, которая состоит только из неоднородного поверхностного слоя на фоне «нормального» разреза (рис. 5).

Субшироко протяженные неоднородные проводящие структуры ДДВ и Причерноморской впадины значительно отразились на северной составляющей индукционного параметра $|C_y|$. В тоже время восточная составляющая $|C_x|$ получилась меньшей по величине и, к тому же ее распределение более однородно. Такое распределение и величины (рис. 5) существенно отличаются от наблюдаемых (рис. 3). То есть действительно, в недрах консо-

лидерованной коры должны присутствовать аномалии высокой электропроводности.

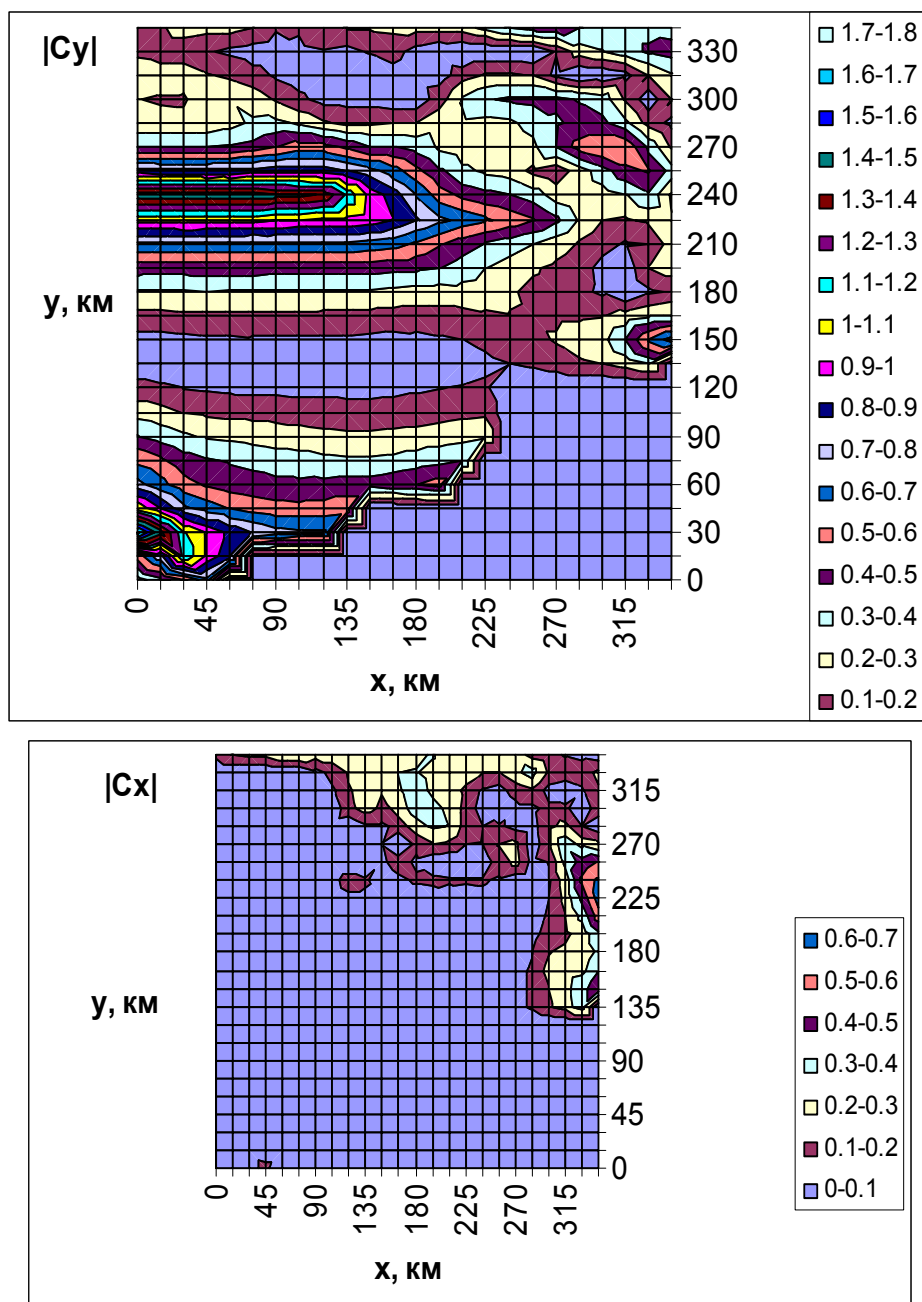


Рис. 5. Модули индукционных параметров для модели неоднородного поверхностного слоя для $T=150$ с

Следующий шаг моделирования заключается в ведении в модель глубинных объектов высокой проводимости. Параметры этих структур и их пространственное расположение соответст-

вуют результатам двумерного и квазитрехмерного пленочного моделирования [Бурахович и Кулик, 2000б, Белявский и др., 2001].

Расчеты модулей индукционных параметров для этой модели (рис. 6) показывают, что в рамках трехмерных представления они недостаточно удовлетворяют наблюдаемым данным (рис. 3).

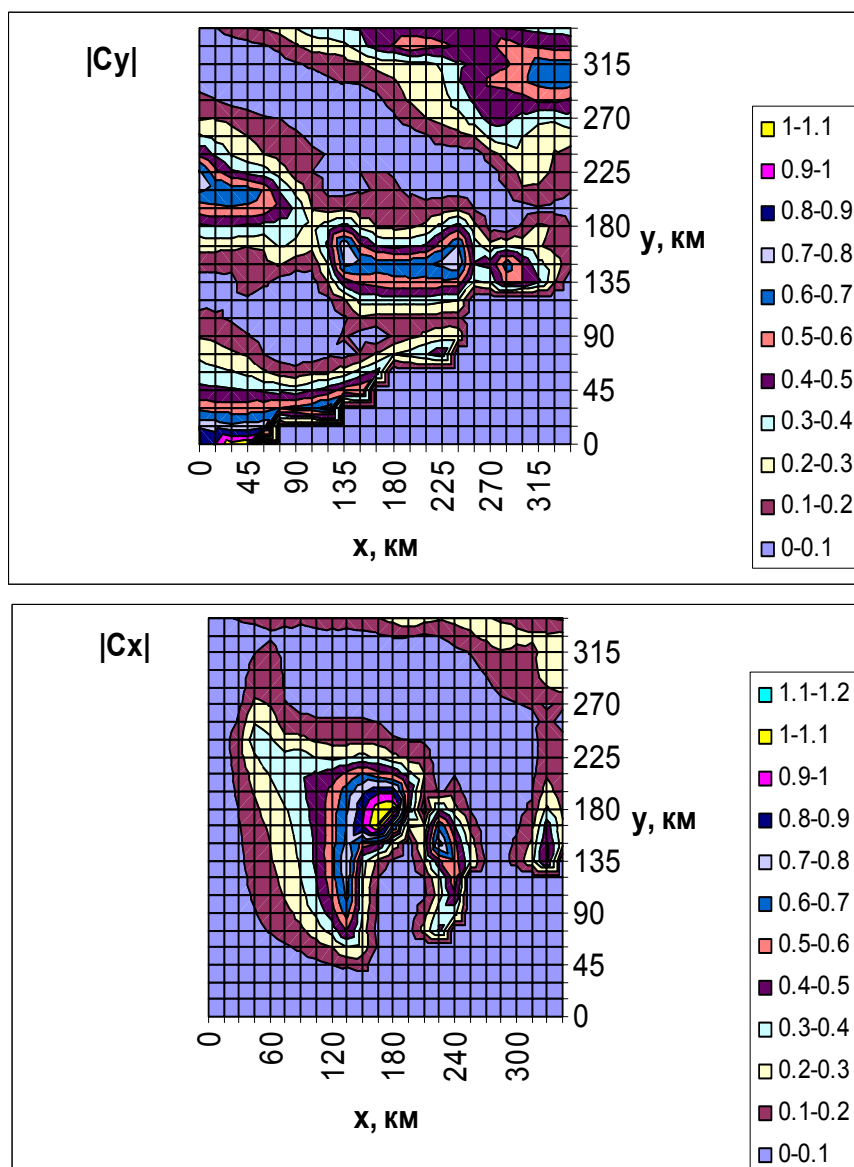


Рис. 6. Модули индукционных параметров для модели, построенной по данным квазитрехмерного и двумерного моделирования для $T=150$ с

Это объясняется тем, что при пленочном моделировании не учитывается влияние и взаимоиндукция между электрическими токами в поверхностном проводящем слое и глубинными проводниками. Расчеты (рис. 6) не отражают мозаичного характера наблюдаемых полей и показывают, что в геоэлектрическую модель необходимо внести дополнительные проводники, которые имеют меридиональную ориентацию.

Далее в модель была внесена сеть вертикальных проводников с поверхности до 2 км в западной части Приазовского массива, которые соответствуют разломным зонам. Конфигурация изолиний индукционных параметров, их значения свидетельствуют о том, что наиболее мощные аномалии электропроводности могут быть приурочены к Западно-Приазовской и Малоянисольской зонам разломов. В результате расчетов этой модели получены магнитовариационные данные (рис. 7), которые удовлетворяют наблюдаемым.

Для этой же модели были рассчитаны кажущиеся сопротивления МТЗ в широком диапазоне периодов от 0,16 до 40000 с. Были получены кривые МТЗ, которые сравнивались с наблюдаемыми данными в 85 пунктах. В 46 пунктах наблюдается хорошее соотношение рассчитанных и экспериментальных данных расположенных в разных частях планшета (рис. 8).

Но в некоторых областях, в особенности на западе Приазовского мегаблока и на юге Донбасса получено неудовлетворительное соотношение модельных и экспериментальных данных (рис. 9).

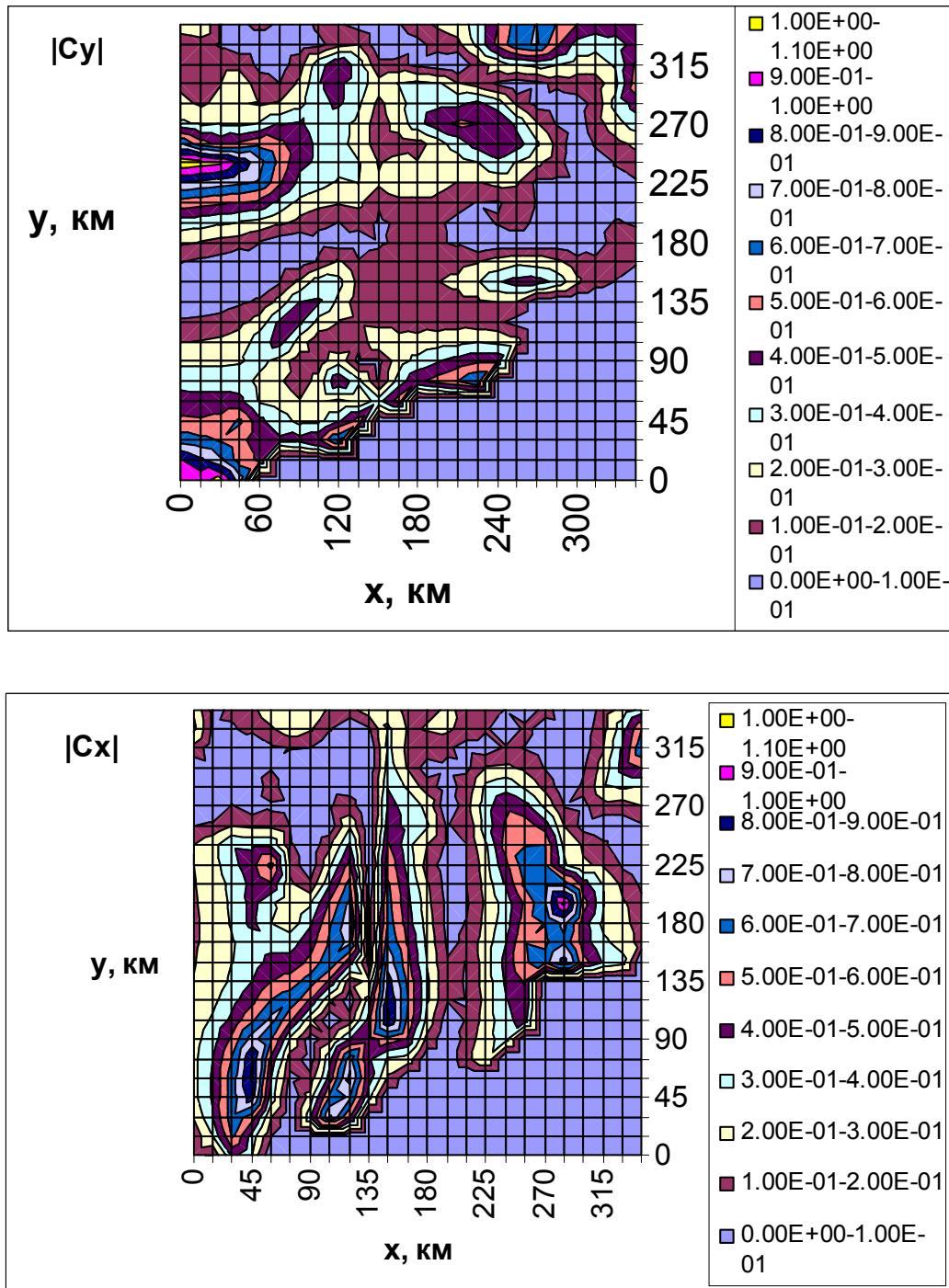


Рис. 7. Индукционные параметры для модели, которая содержит разломные проводящие зоны ($T=150$ с)

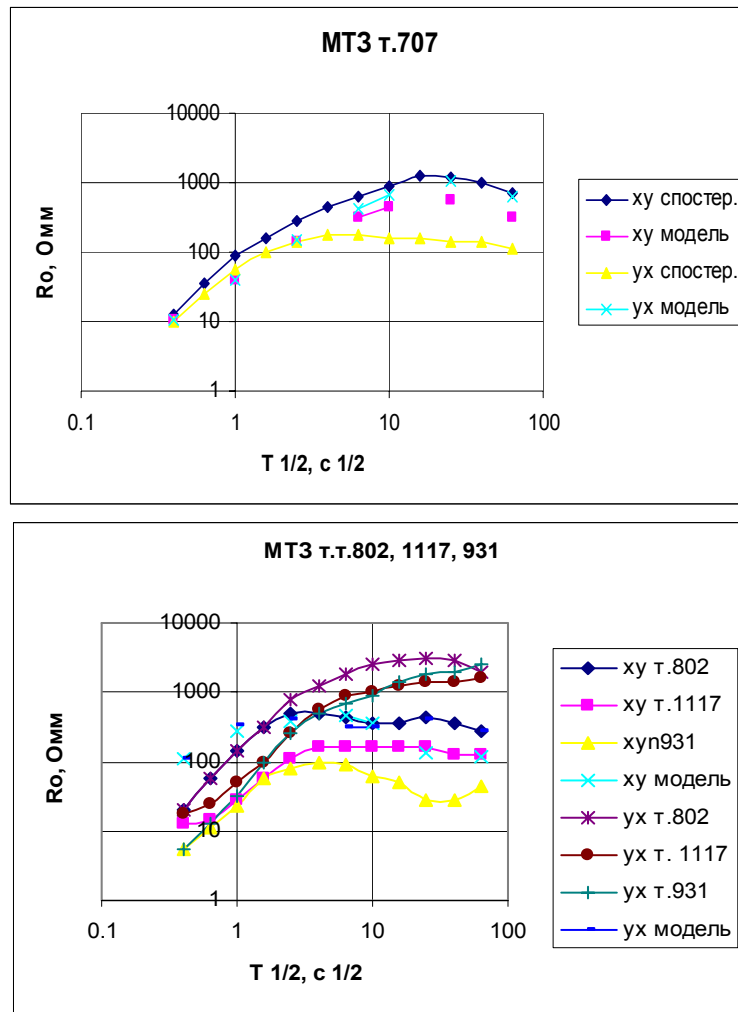


Рис. 8. Модельные и экспериментальные кривые МТЗ

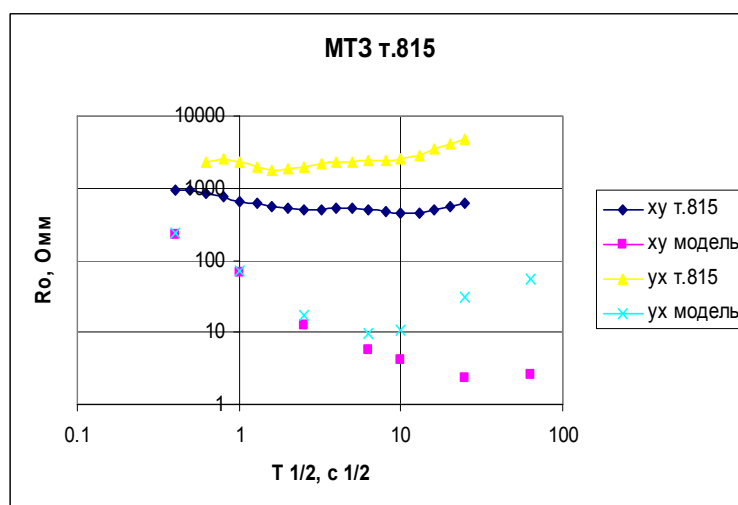


Рис. 9. Пример неудовлетворительного соотношения модельных и экспериментальных МТЗ

Большинство кривых МТЗ в западной части Приазовского мегаблока не соответствовали модельным данным. Оказалось, что только вдоль простирания аномальной структуры экспериментальные кривые МТЗ совпадают с расчетными. Поэтому были внесены поправки в модель - изменены значения сопротивления для аномальной структуры от 2 до 10 км до 100 Ом·м и разорвана гальваническая связь между аномалиями Приазовья и Добасса. Эти поправки дали возможность получить удовлетворительный результат соотношения модельных и экспериментальных кривых МТЗ (рис. 10) окончательной трехмерной модели Приазовского мегаблока (рис. 11).

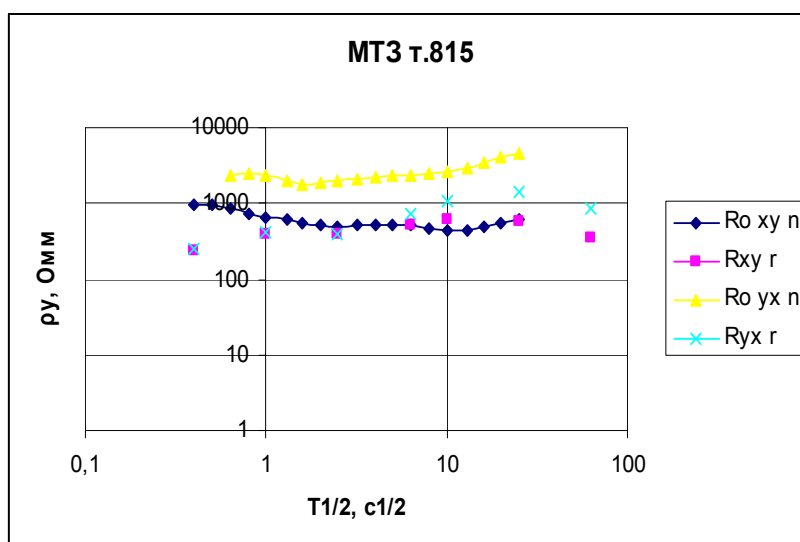


Рис. 10. Пример соотношения экспериментальных и модельных кривых МТЗ на западе Приазовского мегаблока

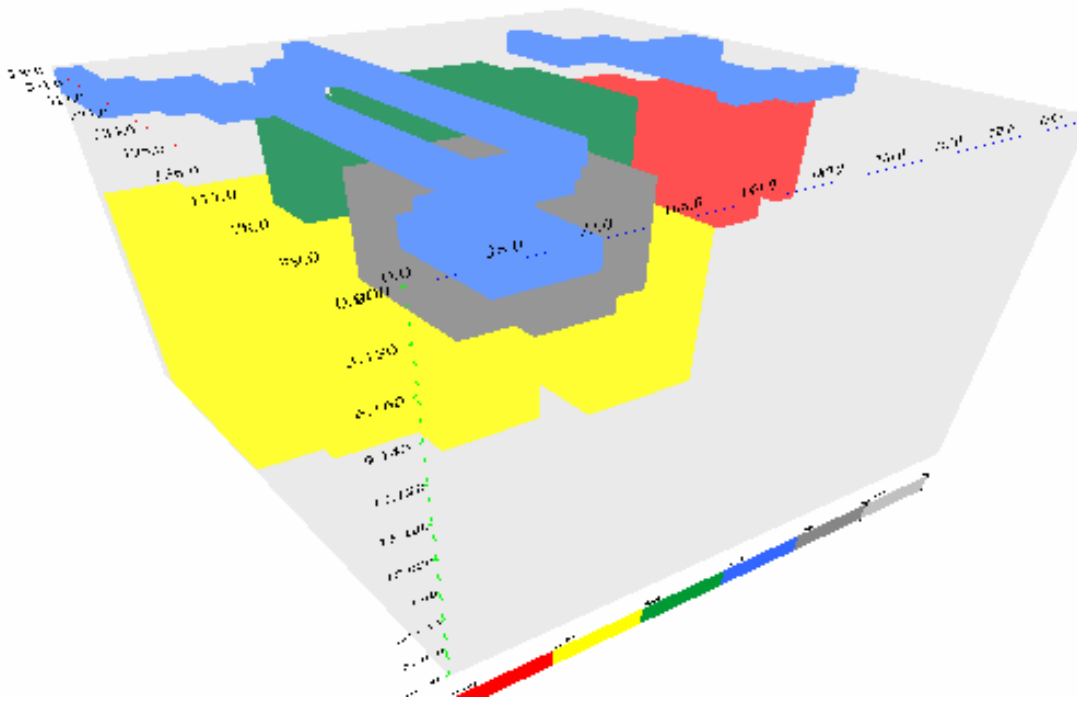


Рис. 11. Трехмерная модель восточной части УЩ и Донбасса

СПИСОК ССЫЛОК

1. Ингеров А. И. Карта магнитных параметров МТЗ и МВП Ю-В части УЩ, М-б1:1000000. Укргеолфонд, № 50034, 1988 г.
2. Ингеров А. И. Результаты региональных исследований МТЗ вдоль геотраверса Ужгород-Ворошиловград. Отчет Центральная геофизическая экспедиция «Укргеология» № 248/87.
3. Ingerov A. I., Rokityansky I. I., Tregubenko V. I. Forty years of MTS studies in the Ukraine // *Earth Planets Space*. – 1999. - 51. – P. 1127-1133.
4. Ингеров А. И., Рокитянский И. И. Украинский щит // *Литосфера Центральной и Восточной Европы: Обобщение результатов исследований* / Отв. редактор А. В.Чекунов. - Киев: Наукова думка. - 1993. - 257 с.
5. Бурахович Т. К., Гордиенко В. В., Завгородняя О. В., Кулик С. Н., Логвинов И. М. Геоэлектрические и геотермические исследования в Приазовье // *Электромагнитные зондирования*. - М.:ИЗМИРАН, 1987. - С. 5 - 10.

6. Бурахович Т. К., Кулик С. Н. Результаты интерпретации данных естественного электромагнитного поля на территории Украинского кристаллического щита // Геофиз. жур. - 2001. - № 5, т. 23. - С. 101-107.
7. Белявский В. В., Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Сухой В. В. Электромагнитные методы при изучении Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. - К.: Знання, 2001. - 227 с.
8. Белявский В. В., Бобров А. Б., Гошовский С. В., Чуприна И. С., Шумлянський В. А. Геоэлектрические модели золоторудных месторождений Украинского щита и Донбасса. - К.: Логос, 2004. - 247 с.
9. Азаров Н. Я., Анциферов А. В., Шеремет Е. М., Глевасский Е. Б., Есипчук К. Е., Кулик С. Н., Сухой В. В., Николаеа Ю. И., Николаев И. Ю., Пигулевский П. И., Шпильчак В. А., Сетая Л. Д., Волкова Т. Г., Бородыня Б. В. Геолого-геоэлектрическая модель Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита. - К.: Наукова Думка, 2005. - 191 с.
10. Randall L. Macki, J.Torquil Smith, Theodore R. Madden Three-dimensional electromagnetic modeling using finite difference equations: The megnetotelluric example. Radio Science, V. 29, N 4, 1994, P. 923-935
11. В. Б.Бурьянов, В. В. Гордиенко, О. В. Завгородняя, С. Н. Кулик, И. М. Логвинов Геофизическая модель тектоносферы Украины / Киев: Наук. думка, 1985. - 203 с
12. Геоэлектрическая модель тектоносферы Евразийского складчатого пояса и сопредельных территорий /Азаров Н. Я., Белявский В. В., Бердичевский М. Н., Борисова В. Б., Бурахович Т. К. и др. / Отв. ред. В. В.Белявский, С. Н.Кулик. - Киев: Знання, 1998. - 264 с.
13. Рокитянский И. И., Ингероv А. И., Лысенко Е. С. Новые данные о Донбасской аномалии электропроводности // Геофиз. журнал. - 1994. - т. 16, № 1. - С. 61-71.
14. Рокитянский И. И., Ингероv А. И., Байсарович М. Н. Донбасская аномалия электропроводности.//Геофиз. журнал. - 1989. - т. 11, № 3. - С. 30-40.

15. Логвинов И. М., Лысенко Е. С. Геоэлектрическая модель тектоносферы вдоль геотраверса Приморск-Сватово. // Допов. НАНУ .- 1995.- № 10. – С. 95-97.
16. Бурахович Т. К., Кулик С. Н. Модель электропроводности земной коры Украины. // Физика Земли. – 2000а. - № 10. - С. 48-56.
17. Бурахович Т. К., Кулик С. Н. Модель электропроводности земной коры восточной части Украины.// Геофиз.ж. - 2000б. - № 5, т. 22. - С. 39-47.