

Проявления сейсмичности в области аномалии электропроводности западной части Приазовского мегаблока

© Т. К. Бурахович, С. Н. Кулик, А. Н. Кушнир, Г. Н. Зайцев, 2010

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина
Поступила 24 марта 2009 г.

Представлено членом редколлегии В. Н. Шуманом

У східній частині Українського щита на території Приазовського мегаблока за даними магніотелуричного зондування та магнітоваріаційного профілювання виявлено структуру високої електропровідності у земній корі. Побудовано тривимірну глибинну модель, що складена з двох основних елементів: приповерхневої субмеридіональної системи, яка корелює з Азово-павлоградським та Західноприазовським глибинними розломами, та ізометричної аномалії на глибинах від 2 до 10 км на півдні Західноприазовського блока. Донбаська та Приазовська електропровідні аномалії визначаються невеликою кількістю землетрусів з магнітудою менше 4.

According to the data of magneto-telluric sounding and magneto-variation profiling a structure with high electric conductivity in the earth's crust has been revealed in the eastern part of the USh within the territory of the Priazovian mega-block. Three-dimensional deep model has been plotted comprised by two main elements: subsurface sub-longitudinal system, correlating with Azovo-Pavlograd and West-Priazovian deep faults and isometric anomaly at the depth from 2 to 10km in the South of West-Priazovian block. The Donbas and the Priazovian electro-conducting anomalies are specific by small amount of earthquakes with magnitude less than 4 points.

Введение. Большое количество так называемых внутриплитовых землетрясений было зарегистрировано в пределах стабильных литосферных плит [Simpson, 1999; Johnston, Kanter, 1990; Gangopadhyay, Talwani, 2003; Кутас и др., 2005; Кендзера и др., 2002], а также в пределах древних кристаллических щитов [Prasanta et al., 2006]. Землетрясения такого рода обычно небольшой интенсивности, хотя могут быть не менее значительны, чем в рифтовых и межплитовых зонах. Вне всякого сомнения, они вызваны напряжениями внутри плит и перераспределением физических свойств внутри земной коры стабильных регионов. Геоэлектрические модели, построенные на основе экспериментальных данных, дают возможность приблизиться к объяснению причин и механизмов внутриплитовой сейсмичности.

В данной статье рассматриваются параметры пространственного положения, величины удельного электрического сопротивления аномалий высокой электропроводности в земной коре западного Приазовья, их возможная природа и связь с распределением очагов землетрясений, особенно на границах сей-

смогенерирующих структур, которые определяют режим современной сейсмичности.

Построение трехмерной геоэлектрической модели. Плотность наблюдений магнитотеллурического и магнитовариационных полей позволяет построить трехмерную (3D) геоэлектрическую модель земной коры и ответить на некоторые вопросы глубинного строения и тектоники Приазовского мегаблока Украинского щита (УЩ) (рис. 1).

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 (около 85) пунктах региона, примеры которых приведены на рис. 2 [Ингеро́в, 1988; 1987; Ingerov et al., 1999; Ингеро́в, Рокитянский, 1993; Бурахович и др., 1987; Бурахович, Кулик, 2001].

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).

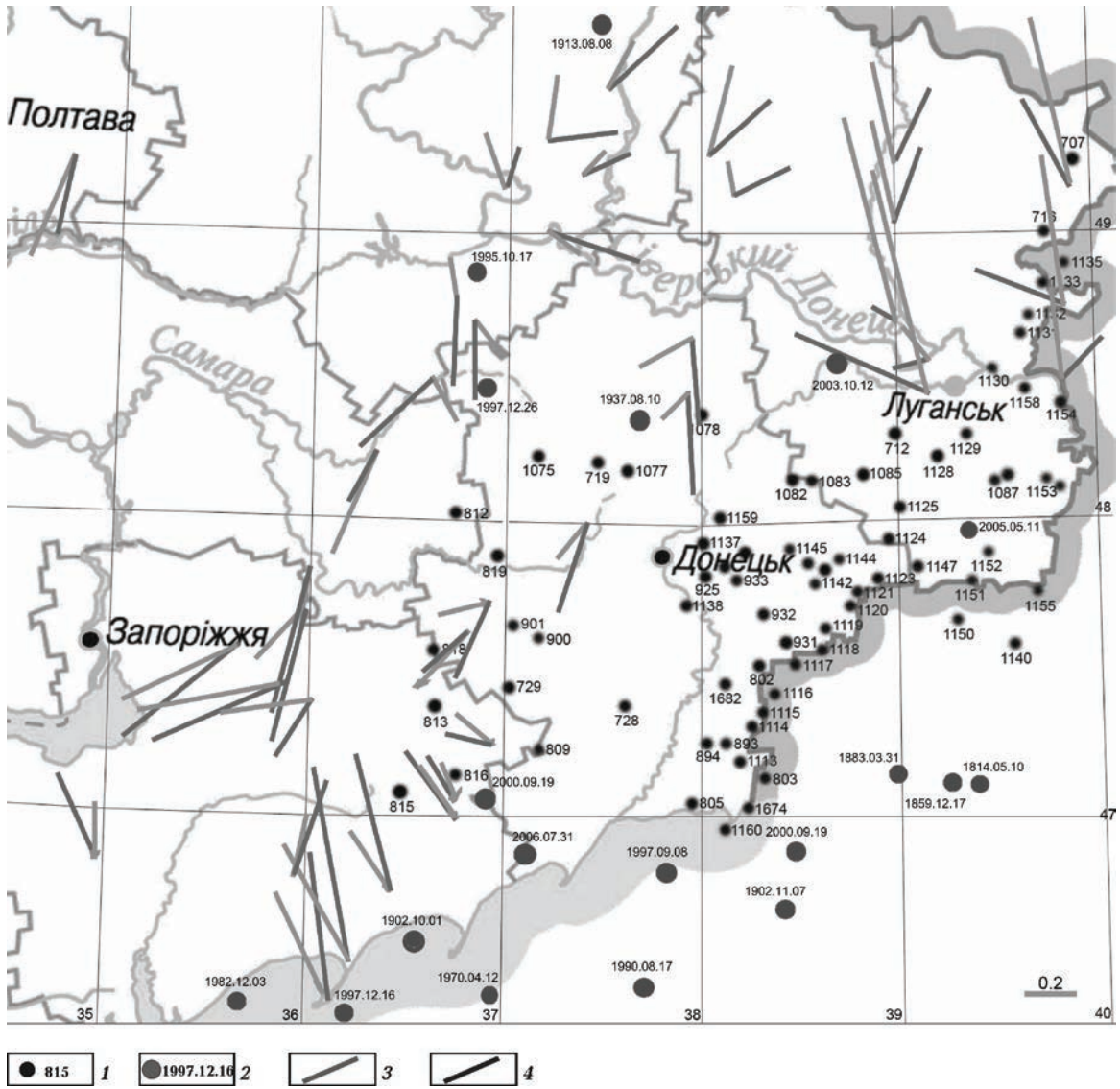


Рис.1. Область построения трехмерной геоэлектрической модели Приазовского мегаблока УЩ и Донбасса: 1 — пункты наблюдений МТЗ, 2 — эпицентры землетрясений, 3, 4 — типперы для периода геомагнитных вариаций $T=150$ с (3 — наблюдаемые, 4 — рассчитанные магнитовариационные параметры).

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 значительно неоднородным в горизонтальном плане распределением электропроводности пород.

Аномалия высокой электропроводности в пределах Приазовского мегаблока на глубине 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, Рокитянский, 1993; Белявский и др., 2001; 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, 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 детальная конструкция Приазовской аномалии представлена в работе [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 также двумерные и квазитрехмерные пленочные модели [Белявский и др., 2001] были использованы для решения поставленной в настоящей статье задаче — построения трехмерной геоэлектрической модели земной коры Приазовского мегаблока.

Инструментом для создания и расчета электрических и магнитных компонент магнитотеллурического поля, типперов и кривых кажущегося удельного электрического сопротивления (ρ_k) послужила широко распространенная программа 3D моделирования Р. Макки [Randall et al., 1994].

Одним из важных элементов методики трехмерного моделирования являются априорно заданные значения удельного электрического сопротивления «нормального» (ρ_n) горизонтально-слоистого разреза земной коры и верхней мантии, на фоне которого строятся объемные геоэлектрические модели. Для УЩ он принят [Бурьянов и др., 1985] следующим:

На электромагнитные параметры существенное влияние оказывает неоднородное

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	0,1

распределение 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 глубине более 20 км, S не превышает 1000 См. На южном склоне УЩ значения S достигают 1000 См, а в ДДВ, где наблюдается большая мощность осадков, значения S превышают 2000 См. В акватории Азовского моря S приповерхностного проводящего слоя принята в модели от 1000 до 2000 См.

Предполагается, что под Скифской плитой существует проводящий слой в верхней мантии («астеносфера») в интервале глубин от 110 до 140 км с суммарной продольной проводимостью 700 См. Были рассчитаны предварительные региональные модели, которые включали не только восточную часть УЩ и ДДВ, но и часть Скифской плиты с Крымом, Азовским и Черным морями. Для периода геомагнитных вариаций $T = 150$ с «астеносфера» Скифской плиты не оказала заметного влияния на индукционные параметры и импедансы в районе Приазовского мегаблока в отличие от поверхностной проводимости.

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

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

Субширотно протяженные неоднородные проводящие структуры ДДВ и Причерноморской впадины значительно отразились на северной составляющей индукционного параметра $|C_y|$. В то же время восточная составляющая $|C_x|$ получилась меньшей по величине и к тому же ее распределение более однородно. Такое распределение и величины су-

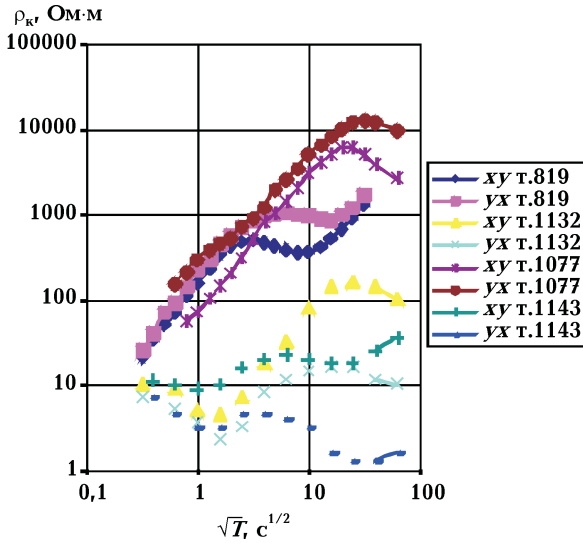


Рис. 2. Примеры наблюдаемых кривых МТЗ, расположенных в области построения модели.

щественно отличаются от наблюдаемых (см. рис. 3), т. е. в консолидированной коре действительно должны присутствовать аномалии высокой электропроводности.

Следующий шаг моделирования заключается в введении в модель глубинных объектов высокой проводимости. Параметры этих структур и их пространственное расположение соответствуют результатам двумерного и квазитрехмерного пленочного моделирования [Бурахович, Кулик, 2000б; Белявский и др., 2001].

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

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

Модель была дополнена сетью 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 получены магнитовариационные данные (рис. 7), которые удовлетворяют наблюдаемым.

Для этой же модели рассчитаны кажущиеся сопротивления (ρ_k) 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 совпадение

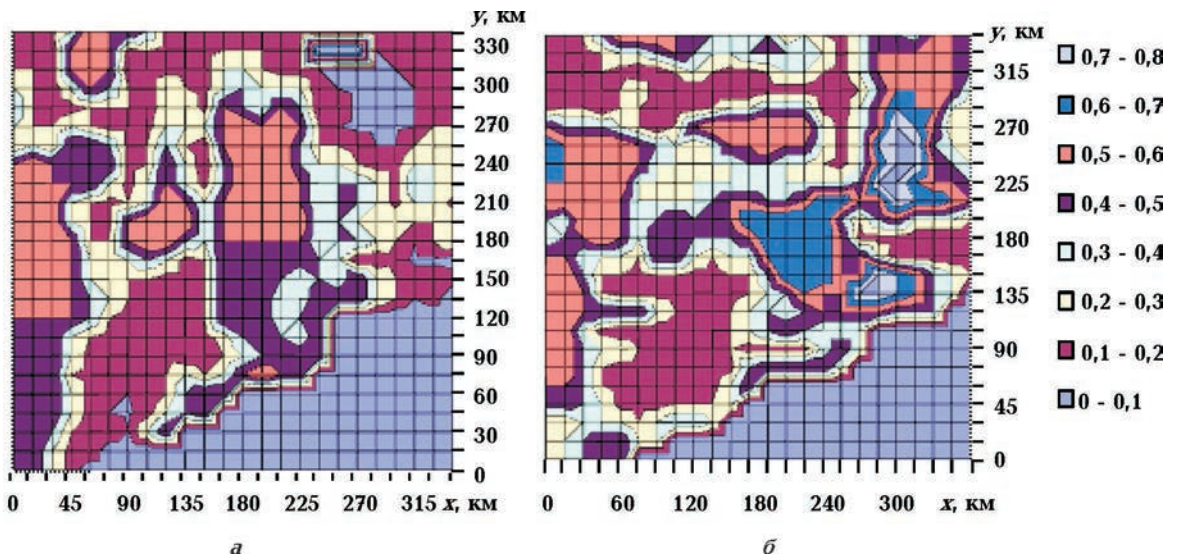


Рис. 3. Модули индукционных параметров C_x (а) и C_y (б).

рассчитанных и экспериментальных данных, расположенных в разных частях планшета (рис. 8). Однако в некоторых областях планшета, в особенности на западе Приазовского мегаблока и на юге Донбасса, получено неудовлетворительное соотношение модельных и экспериментальных данных (рис. 9).

Трехмерная геоэлектрическая модель.

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 Донбасса. Эти поправки дали возможность получить удовлетворительный результат соотношения модельных и экспериментальных кривых МТЗ (рис. 10) окончательной трехмерной модели Приазовского мегаблока (рис. 11).

Субмеридиональные проводники с поверхности соответствуют Азово-Павлоградскому (на западе) и Центрально-Приазовскому (на востоке) разломам (рис. 11, б). Приазовская аномалия электропроводности в интервале глубин от 2 до 10 км расположена в пределах Гуляй-Польского и Андреевского блоков Западного Приазовья [Сторчак и др., 1984]. В рамках этой структуры протягивается Куйбышевско-Сорокинская троговая зона и вся область Приазовской аномалии

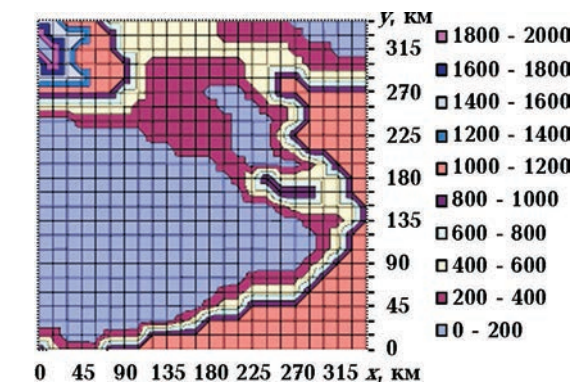


Рис. 4. Суммарная продольная проводимость (См) приповерхностного слоя в области построения модели.

совпадает с выступом глубокометаморфизованного основания. Земная кора Волчанского блока Западного Приазовья характеризуется аномально высоким удельным сопротивлением (до 10000 Ом·м), в то время как в Центрально-Приазовской межблоковой зоне и в Восточном Приазовье значения ρ не превышают 1000 Ом·м.

При анализе геоэлектрической модели прослеживается связь со стадиями метаморфизма пород мегаблока. Во-первых, Гуляй-Польский блок отвечает высокотемпературной амфиболитовой фации и характеризуется относительно низкой электропроводностью с поверхности до 2 км, однако ниже электропроводность аномально повышается. Во-вторых, Андреевский блок, который соответствует низкотемпературной амфиболитовой фации и полиметаморфическим

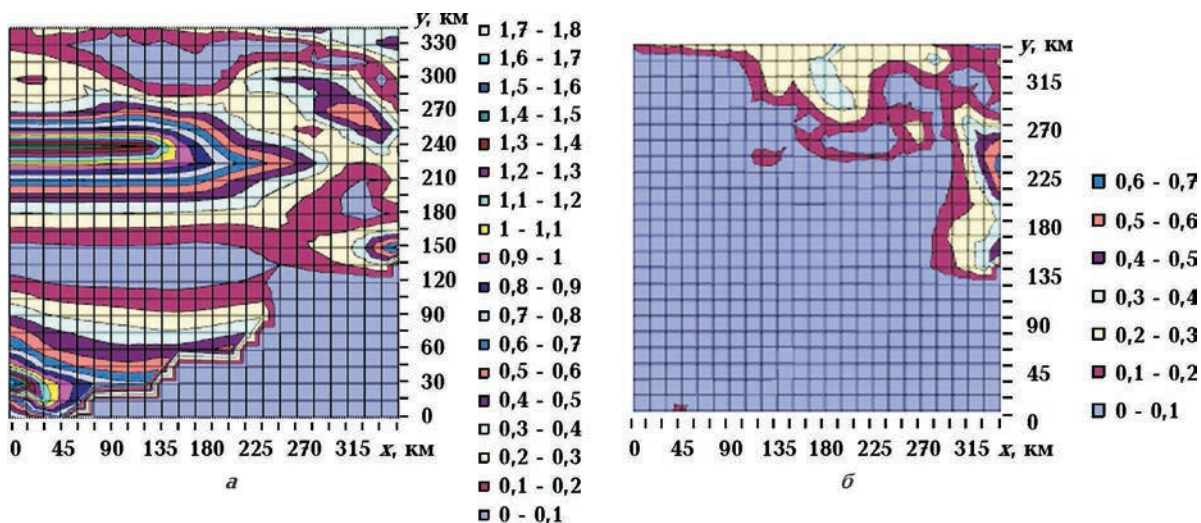


Рис. 5. Модули индукционных параметров C_y (а) и C_y (б) для модели неоднородного поверхностного слоя ($T=150$ с).

образованием, имеет высокую электропроводность с поверхности до 10 км [Сторчак и др., 1984].

В зону аномалии электропроводности попадают Гуляй-Польская, Центрально-Сорокинская, Сорокинская и Федоровская железорудные вулканогенно-осадочные графитовые зоны с углерод-кремнистой формацией и Корсакская железорудная зона с графитом [Сторчак и др., 1984].

Магнитотеллурические зондирования в широком диапазоне периодов до 4000 с указывают на отсутствие в недрах мантии Приазовского мегаблока слоя с низким сопротивлением и, следовательно, с низкими реологическими характеристиками.

Внутриплитовая сейсмичность восточной части Украины. В области расположения Дон-

басской и Приазовской аномалий электропроводности в земной коре с 1814 по 2006 г. зарегистрированы проявления сейсмической активности с магнитудой от 2,33 до 4,2 (см. рис. 1, 11, таблицу).

Последние по времени ощутимые землетрясения произошли 11 мая 2004 г. вблизи с. Новодарьевка Луганской области. По данным из работы [Габсатарова, Бабкова, 2006] параметры землетрясения следующие: $M=3,8$, $H=11$ км, интенсивность $I=6\div 7$ баллов). По данным сейсмических станций «Симферополь», «Севастополь», «Ялта», «Керчь» и «Ужгород», расположенных достаточно далеко от очага, его положение описывается координатами $\varphi=48,65^\circ$ N, $\lambda=37,50^\circ$ E; $M=2,5$, $I=3,2$, $H=0\div 2,5$. 19 апреля 2006 г. на территории города Ровеньки Луганской области ощущалось 15 тол-

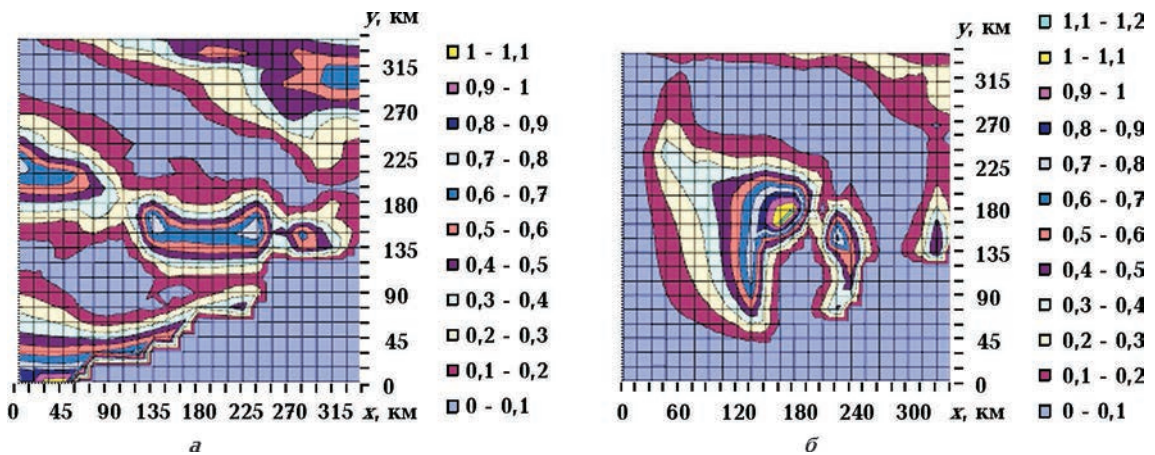


Рис. 6. Модули индукционных параметров C_y (а) и C_x (б) для модели, построенной по данным квазитрехмерного и двумерного моделирования ($T=150$ с).

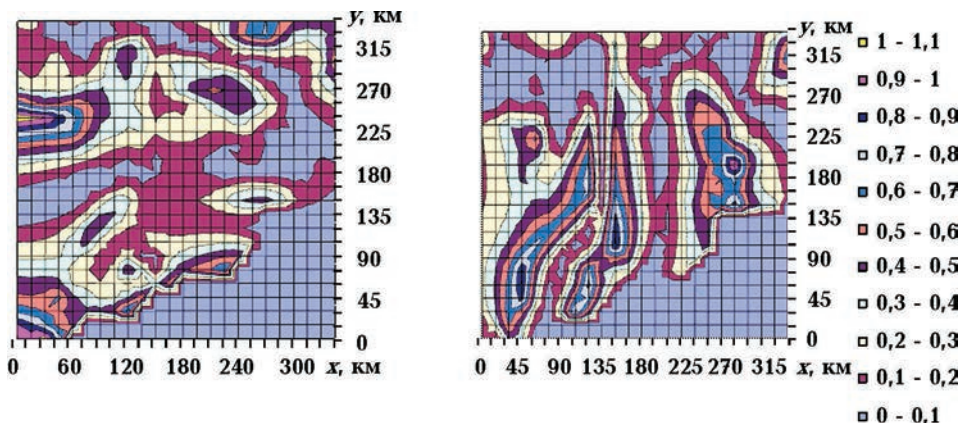


Рис. 7. Индукционные параметры C_y (а) и C_y (б) для модели, содержащей разломные проводящие зоны ($T=150$ с).

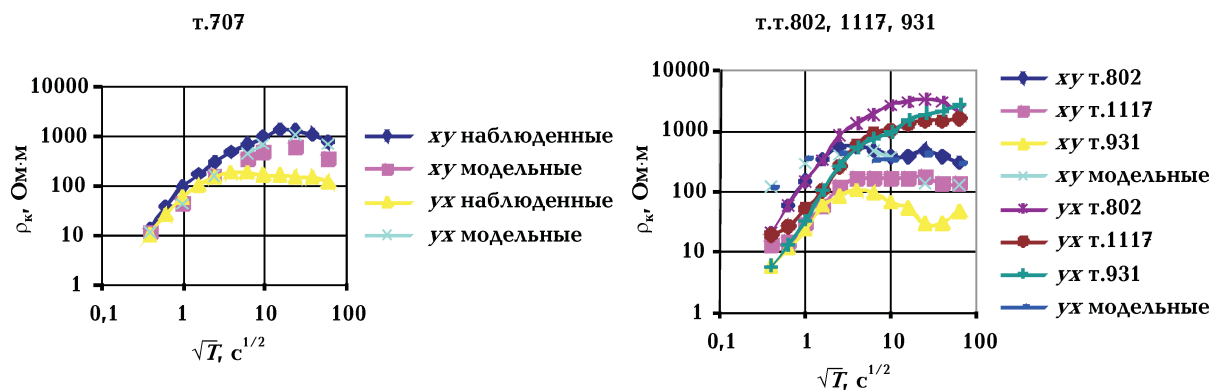


Рис. 8. Модельные и экспериментальные кривые МТЗ.

чков. Известно, что в 1937 г. в районе г. Константиновка Донецкой области сетью сейсмостанций Украины и России было зафиксировано 6-бальное землетрясение. Все эти и другие события, описанные в каталоге, приурочены к Донбасской аномалии электропроводности.

Землетрясения с эпицентрами на северном побережье и в северной акватории Азовского моря очень редки. Одно из последних сейсмических событий произошло 31 июля 2006 г. примерно в 20–25 км от г. Бердянска [Габсатарова, Бабкова, 2006]. Эпицентр его располагается на северном побережье Азовского моря, как и у предыдущего землетрясения 2000 г.

Эпицентры этих явлений размещены по всей мощности земной коры и большинство из них тяготеет к двум геоэлектрическим структурам. Во-первых, большое количество эпицентров сконцентрировано на южном окончании Западно-Приазовской аномалии электропроводности, которая в этой части залегает в коре на глубинах до 10 км. Во-вторых, значительное количество очагов землетрясений тяготеет к осевой части Донбасской аномалии электропроводности, которая размещается в земной коре на глубине от 2 до 30 км. В-третьих, остается несколько эпицентров, которые не коррелируют с размещением аномальных проводящих тел, а соответствуют уже зоне сочленения ВЕП и Скифской плиты в акватории Азовского моря. Такие проявления сейсмичности находятся в той области, где в региональной геоэлектрической модели переходной зоны между ВЕП и Скифской плитой в верхней мантии на глубине от 110 до 140 км заложен пласт высокой

электропроводности с $\rho = 40$ Ом·м [Бурьянов и др., 1985]. Необходимо отметить, что контакт докембрийской и киммерийской плит характеризуется низким уровнем сейсмической активности по сравнению с областями альпийской

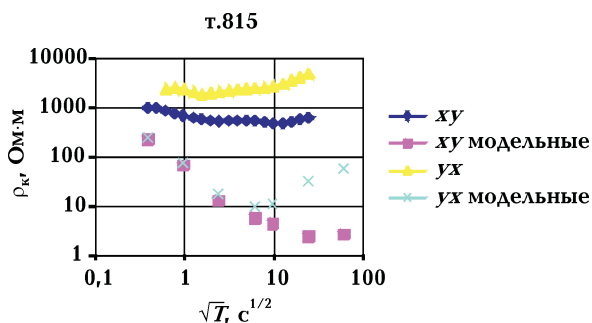


Рис. 9. Пример неудовлетворительного соотношения модельных и экспериментальных МТЗ.

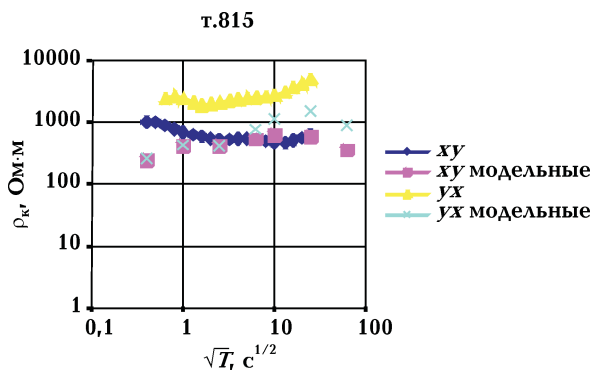


Рис. 10. Пример соотношения экспериментальных и модельных кривых МТЗ на западе Приазовского мегаблока.

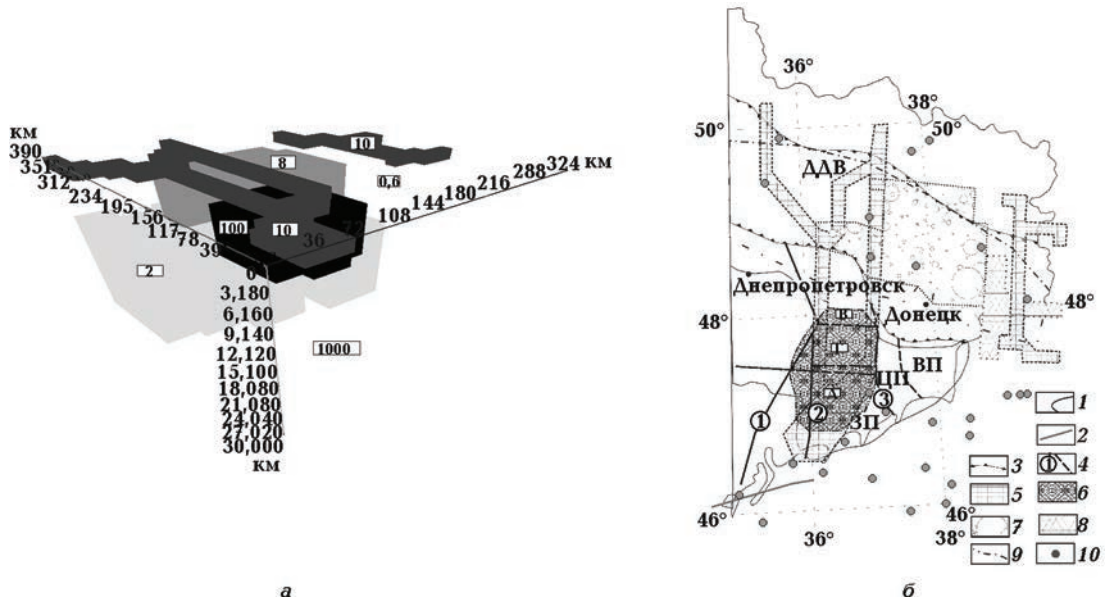


Рис. 11. Трехмерная модель восточной части УЩ и Донбасса: а — объемная геоэлектрическая модель (ρ в Ом·м), б — аномалия электропроводности в плане (1 — граница УЩ, 2 — граница Скифской плиты и ВЕП, 3 — граница ДДВ, 4 — глубинные разломы I и II ранга (1 — Орехово-Павлоградский, 2 — Азово-Павлоградский, 3 — Центрально-Приазовский); геоэлектрические параметры аномалий электропроводности: 5 — глубина залегания кровли и подошвы (h) от поверхности до 2 км, $\rho=10$ Ом·м, 6 — $h=2+10$ км, $\rho=100$ Ом·м, 7 — $h=2+10$ км, $\rho=8$ Ом·м, 8 — $h=2+10$ км, $\rho=0,6$ Ом·м, 9 — $h=10+30$ км, $\rho=2$ Ом·м, 10 — эпицентры землетрясений (соответствуют данным на рис. 1 и сводного каталога); блоки I порядка Приазовского мегаблока: ЗП — Западно-Приазовский, ЦП — Центрально-Приазовский, ВП — Восточно-Приазовский; блоки II порядка Западно-Приазовского блока: В — Волчанский, Г — Гуляй-Польский, А — Андреевский; ОПШЗ — Орехово-Павлоградская шовная зона.

активизации Крыма и Кавказа. И только в областях, примыкающих к аномалиям электропроводности Приазовской и Северной Добруджи, сгущаются очаги землетрясений.

Выводы. Размещение внутриплитовых проявлений сейсмичности в восточной части УЩ и Донбасса связаны характерными признаками с аномалией высокой электропроводности. Приазовский мегаблок характеризуется низкими значениями теплового потока, за исключением северной части, которая примыкает к Донецкому бассейну. Западно-Приазовская субмеридиональная региональная магнитная аномалия соответствует простиранию Приазовской аномалии электропроводности и имеет намагниченность порядка 3,0 А/м [Старостенко и др., 2002]. Сейсмические зондирования показывают, что Приазовский массив характеризуется повышенной расслоенностью в верхней части коры до 10 км [Трипольский, Шаров, 2004]. Вполне вероятно, что хрупкие реологические условия могут обеспечивать здесь сейсмогенную среду.

Корреляция между местами древних континентальных коллизий, современной внут-

риплитовой слабой сейсмичностью и существованием проводников внутри коры, вытянутых на десятки километров, не может быть оставлена без внимания. Вполне возможно, что эти следы древних мощных тектонических процессов не исчезли, несмотря на существенные метаморфические процессы, которые переработали всю кору. Повышенная электропроводность может быть вызвана наличием графита различного генезиса. С одной стороны, он имеет биогенное происхождение, и оказался на больших глубинах в результате тектонических процессов. С другой стороны, присутствие графита в областях сдвигов и сколов в породах до некоторой степени можно объяснить его выкристаллизацией из минерализованного флюида в проницаемых областях. Существование графита (остатка углеродсодержащего вещества осадочного происхождения) определяет наличие сколов, разломов и очагов современных землетрясений, так как графит служит смазочным материалом в плоскости сколов. Например, в области Донбасской аномалии электропроводности, которая переходит на восто-

Таблица. Сводный каталог землетрясений

Дата	Время, час, мин, с	Координаты гипоцентра			Магнитуда <i>M</i>	Литературный источник
		φ°	λ°	<i>H</i> , км		
08.08.1913	02:55	49,70	37,70	5	3,5	[Special ..., 1996; Никонов, 1999]
10.08.1937	06:00	48,50	37,70	5	3,0	[Землетрясения ..., 2007]
21.10.1958	—	49,80	37,98	33	—	[Землетрясения ..., 2007]
07.09.1972	—	49,90	35,70	0—33	—	[Сейсмологический ... , 1972]
24.12.1986	—	46,20	34,86	0—33	3,2	[Сейсмологический ... , 1986]
13.10.1995	—	49,44	35,45	0—33	3,6	[Сейсмологический ... , 1992—2006]
17.10.1995	—	49,03	37,02	0—33	3,3	[Сейсмологический ... , 1992—2006]
26.12.1997	—	48,62	37,01	0—33	3,3	[Сейсмологический ... , 1992—2006]
12.10.2003	07:13:79	48,66	38,70	33	2,5	[Сейсмологический ... , 1990—2005]
11.05.2004	01:37:12	48,09	39,37	11	3,8	[Сейсмологический ... , 1990—2005; Габсатарова, Бабкова, 2006]
31.07.2006	09:04:23	46,99	37,14	15	4,2	[Пустовитенко, 2008]
03.12.1982	16:02:37	46,5	35,7	39	2,5	[Сейсмологический ... , 1970—1991]
17.01.1990	13:15:23	46,39	37,71	34	4	[Генеральный ... , 1996]
19.09.2000	00:02:43	47,2	36,9	33	2,7	[Оперативный ...]
13.12.1991	10:38:06	45,94	37,46	33	2,8	[Сейсмологический ... , 1970—1991]
08.09.1997	15:07:25	46,86	37,85	33	3,5	[Bulletin ...]
12.04.1970	11:30:21	46,3	36,9	33	4	[Bulletin ...]
17.07.1990	13:15:23	46,39	37,71	21	4,2	[Сейсмологический ... , 1970—1991]
02.07.1985	02:51:43	46	38	20	2,4	[Сейсмологический ... , 1970—1991]
09.06.1934	04:45:15	45,9	35,2	20	3,3	[Новый ... , 1977]
07.11.1902	14:08:00	46,7	38,4	17	3,8	[Новый ... , 1977]
24.08.1986	21:44:50	46,2	38,1	16	2,33	[Новый ... , 1977]
03.31.1883	00:00:00	47,1	39	10	3	[Новый ... , 1977]
10.05.1814	10:00:00	47,1	39,3	10	3,3	[Генеральный ... , 1996]
17.12.1859	00:00:00	47,1	39,2	10	3,5	[Генеральный ... , 1996]
01.10.1902	16:00:00	46,7	36,5	5	2,8	[Новый ... , 1977]
02.11.1902	15:01:00	46,7	36,5	5	2,8	[Новый ... , 1977]
19.09.2000	07:02:40	46,88	38,42	0	2,5	[Сейсмологический ... , 1992—2006]
16.12.1997	08:02:31	46,39	36,15	0	3,4	[Bulletin ...]

ке в аномалию вала Карпинского [Берзин и др., 2003], графит, содержащийся в первичных осадках и, возможно, образовавшийся в результате метаморфизма керогена, является

источником пониженного сопротивления внутри земной коры и способствует освобождению накопившейся энергии в виде наблюдавшихся землетрясений.

Список литературы

Азаров Н. Я., Анциферов А. В., Шеремет Е. М., Глевасский Е. Б., Есипчук К. Е., Кулик С. Н., Сухой В. В., Николаев Ю. И., Николаев И. Ю., Пигулевский П. И., Шпильчак В. А., Сетая Л. Д., Волкова Т. Г., Борогыня Б. В. Геолого-геоэлектрическая модель Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 2005. — 191 с.

Азаров Н. Я., Белявский В. В., Бердичевский М. Н., Борисова В. Б., Бурахович Т. К., Ваньян Л. Л., Варенцов И. М., Голубцова Н. С., Гордиенко В. В., Завгородняя О. В., Каримов А. В., Кашурни-

ков А. В., Кулик С. Н., Логвинов И. М., Таль-Вирский Б. Б., Трапезников Б. А., Чарушин А. Г., Чернявский Г. А., Шпак И. П. Геоэлектрическая модель тектоносферы Евразийского складчатого пояса и сопредельных территорий. — Киев: Знання, 1998. — 264 с.

Белявский В. В., Бобров А. Б., Гошовский С. В., Чуприна И. С., Шумлянский В. А. Геоэлектрические модели золоторудных месторождений Украинского щита и Донбасса. — Киев: Логос, 2004. — 247 с.

Белявский В. В., Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Сухой В. В. Электромагнитные методы при изуче-

- нии Украинского щита и Днепроовско-Донецкой впадины. — Киев: Знання, 2001. — 227 с.
- Берзин Р. Г., Филин С. И., Бубнов В. П., Алексанова Е. Д., Яковлев А. Г. Результаты магнитотелурических исследований кряжа Карпинского. — 2003. — <http://www.nw—geophysics.ru>. — 4 с.
- Бурахович Т. К., Гордиенко В. В., Завгородняя О. В., Кулик С. Н., Логвинов И. М. Геоэлектрические и геотермические исследования в Приазовье // Электромагнитные зондирования. — Москва: ИЗМИРАН, 1987. — С. 5—10.
- Бурахович Т. К., Кулик С. Н. Модель электропроводности земной коры Украины // Физика Земли. — 2000а. — № 10. — С. 48—56.
- Бурахович Т. К., Кулик С. Н. Модель электропроводности земной коры восточной части Украины // Геофиз. журн. — 2000б. — 22, № 5. — С. 39—47.
- Бурахович Т. К., Кулик С. Н. Результаты интерпретации данных естественного электромагнитного поля на территории Украинского кристаллического щита // Геофиз. журн. — 2001. — 23, № 5. — С. 101—107.
- Бурьянов В. Б., Гордиенко В. В., Завгородняя О. В., Кулик С. Н., Логвинов И. М. Геофизическая модель тектоносферы Украины. — Киев: Наук. думка, 1985. — 203 с.
- Габсатарова И. П., Бабкова Е. А. Современные возможности определения параметров землетрясений по инструментальным данным в районах слабой сейсмичности на примере Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 года с $M_s = 3.8$ (Луганская обл., Украина) // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения: Матер. XII междунар. конф. — Воронеж, 2006. — С. 112—127.
- Генеральный каталог сильных ($M \geq 6$) землетрясений Северной Евразии / Под ред. Н. В. Шебалина. — Москва: ИФЗ РАН, 1996. — 535 с.
- Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Шукина. — Т. 1 Землетрясения. — Петрозаводск: Геофиз. служба КНЦ ИГ РАН, 2007. — С. 320—321.
- Ингерова А. И. Карта магнитных параметров МТЗ и МВП юго-восточной части Украинского щита. — 1:1 000 000. — Ворошиловград: Укргеолфонд, 1988. — № 50034.
- Ингерова А. И. Результаты региональных исследований МТЗ вдоль геотраверса Ужгород — Ворошиловград: Отчет Центр. геофиз. экспедиции «Укргеология» № 248/87. — 1987. — 289 с.
- Ингерова А. И., Рокитянский И. И. Украинский щит // Литосфера Центральной и Восточной Европы: Обобщение результатов исследований. — Киев: Наук. думка, 1993. — 257 с.
- Кензгера О. В., Вербицкий С. Т., Стасюк А. Ф., Пронишин Р. С., Гурова І. Ю. Землетрус 3 січня 2002 р. в Тербовлянському районі Тернопільської області // Вісн. «Геологія». — 2002. — Вип. 23/24. — С. 106—110.
- Логвинов И. М., Лысенко Е. С. Геоэлектрическая модель тектоносферы вдоль геотраверса Приморск — Сватово // Доп. НАН Украины. — 1995. — № 10. — С. 95—97.
- Никонов А. А. Каталог тектонических землетрясений центральной части восточно-Европейской платформы (49—58° с.ш.; 34—42° в.д.) в XIX—XX вв. // Геодинамика и Геоэкология: Матер. междунар. конф. — Архангельск: Изд. Ин-та эконо. проблем Севера УрО РАН, 1999. — С. 171—273.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975г. / Под ред. Н. В. Кондорской, Н. В. Шебалина. — Москва: Наука, 1977. — 536 с.
- Оперативный сейсмологический каталог Геофизической службы РАН, ЦОМЭ, Обнинск. — http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/hp/seismology.ru/cat_Obninsk.ru.shtml.
- Пустовитенко А. А. Сейсмологічні основи прогнозу сейсмічної небезпеки території півдня України: Автореф. — Київ: Изд. ИГФ НАН України, 2008. — 21 с.
- Рокитянский И. И., Ингерова А. И., Лысенко Е. С. Новые данные о Донбасской аномалии электропроводности // Геофиз. журн. — 1994. — 16, № 1. — С. 61—71.
- Рокитянский И. И., Ингерова А. И., Байсарович М. Н. Донбасская аномалия электропроводности // Геофиз. журн. — 1989. — 11, № 3. — С. 30—40.
- Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1990—2005 гг. / Отв. ред. О. Е. Старовойт. — Обнинск: ГС РАН, 1990—2005.
- Сейсмологический бюллетень западной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым — Карпаты) за год, соответствующий землетрясению 1970—1991 гг. — Киев: Наук. думка.
- Сейсмологический бюллетень Украины за год, соответствующий землетрясению 1992—2006 гг. — Севастополь: НПЦ "ЭКОСИ—Гидрофизика".

- Старостенко В. И., Пашкевич И. К., Кутас Р. И. Глубинное строение Украинского щита // Геофиз. журн. — 2002. — **24**, № 6. — С. 36—48.
- Сторчак П. Н., Белевцев Я. Н., Галецкий Л. С. Комплект карт "Геология и металлогения Украинского щита". — 1:1 000 000. — Киев: Мингео УССР, 1984.
- Трипольский А. А., Шаров Н. В. Литосфера докембрийских щитов северного полушария Земли по сейсмическим данным. — Петрозаводск: Изд. КНЦ РАН, 2004. — 159 с.
- Bulletin of the International Seismological Centre* (ISC, Newberry, UK). — <http://www.isc.ac.uk/doc/products/bulletin.html>.
- 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.
- Randall L. Macki J., Torquil S., Theodore R. Madden Three—dimensional electromagnetic modeling using finite difference equations: The megneto-telluric example // *Radio Sci.* — 1994. — **29**, № 4.— P. 923—935.
- Special Earthquake Catalogue of Northern Eurasia From Ancient Through* / Eds. N. V. Kondorskaya, V. I. Ulomov. — 1996. — <http://www.scgis.ru> system of data bases. — 1995.