

ГЕОФИЗИКА, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 550.38

Исследование динамики геомагнитного поля в районе Черниговской региональной аномалии

**М.А. Орлюк, А.А. Роменец, М.И. Бакаржиева, А.В. Марченко,
Т.В. Лебедь**

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, 03680, Украина,
Киев, пр. Палладина, 32. E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua; earth@igph.kiev.ua

Статья поступила в редакцию 28 февраля 2014 г.

Исследована временная динамика Черниговской региональной магнитной аномалии на основании магнитометрических наблюдений 2008-2012 гг. За эти четыре года модуль индукции геомагнитного поля B увеличился на 140 нТл. На этом фоне выделены незначительные временные изменения аномалий ΔB регионального ($\Delta \Delta B < 1,0$ нТл/год) и локального ($\Delta \Delta B > \pm 1,5$ нТл/год) характера. Первые из них хорошо интерпретируются подмагничиванием источника магнитной аномалии, а вторые – предположительно флюидными процессами в геодинамически активных глубинных краевых разломах Днепровско-Донецкого рифта.

Ключевые слова: *динамика магнитного поля, региональная магнитная аномалия.*

Введение

Региональные магнитные аномалии (РМА), пожалуй, впервые были выделены в 1937 г., в результате абсолютной магнитной съемки территории Украины [21]. Эта работа являлась своего рода «предтечей» дальнейших исследований в этом направлении. К настоящему времени имеется множество работ, посвященных вопросам выделения региональных магнитных аномалий (РМА), их интерпретации и истолкования с целью изучения глубинного строения земной коры и прогнозирования полезных ископаемых [1, 4, 12, 19–20, 22, 24, 28–29, 31, 33–34, 36]. В большинстве случаев источники региональных магнитных аномалий на глубинах 10–40

км имеют намагниченность 0,5–4,0 А/м и поперечники 50–140 км [12, 18]. Малоизученным и дискуссионным остается очень интересный вопрос постоянства РМА во времени [3, 13, 25–26], в связи с чем в статье представлены первые результаты высокоточных магнитометрических измерений на площади Черниговской РМА.

Предисловие

Одной из важных закономерностей геомагнитного поля, несущей информацию о процессах внутри Земли, в ее ядре и земной коре, являются его пространственно-временные изменения в широком диапазоне длин волн [6, 8, 17, 26, 27, 29,

30, 35]. Наиболее общей измеряемой характеристикой геомагнитного поля является модуль индукции, который определяется суммой полей от разных источников:

$$B = B_{IGRF} + \Delta B + \delta B, \quad (1)$$

где B_{IGRF} — главное поле Земли, обусловленное процессами в ее жидком ядре; ΔB — аномальное магнитное поле (поле литосферы), связанное в основном с намагниченностью пород; δB — внешнее поле, обусловленное влиянием солнечного и космического излучения, магнитных полей Солнца и околоземного пространства. В связи с исследованием природы магнитных источников и процессов в земной коре повышенный интерес вызывают выделение и анализ аномалий модуля индукции магнитного поля ΔB . Данные исследования требуют очень точных измерений и скрупулезного учета влияния аномалий — помех как на стадии выделения аномалий ΔB , так и изучения их динамики. В данной статье представлены результаты работ в районе Черниговской РМА. Эта аномалия с размерами около 45x95 км и интенсивностью до 700 нТл располагается, с одной стороны, в пределах крайней северо-западной части Днепровско-Донецкого рифта, а с другой — между ним и Припятским рифтом. В некотором отношении можно считать ее своеобразным «шарниром», в месте которого происходит изменение простирания Припятско-Днепровско-Донецкого рифта с субширотного на юго-восток — северо-западное (рис.1). При этом ее центральная, наиболее интенсивная часть имеет слегка вытянутую в субширотном направлении форму, в то время как большая ее часть, определенная по линии повышенного градиента регионального магнитного поля, — северо-западное простирание, согласованное с простиранием Днепровско-Донецкого рифта.

В геологическом плане район аномалии интересен тем, что в земной коре присутствуют как докембрийские образования, предположительно архей-протеро-

зойского возраста, так и эффузивно-пирокластические и магматические образования нижнего девона. Глубина залегания кристаллического фундамента в пределах контура аномалии составляет первые километры и, по-видимому, степень переработки земной коры в этой части была минимальной по сравнению с другими частями Днепровско-Донецкого рифта [14].

Аналогичные исследования динамики аномалий ΔB ранее выполнены на территории Европы, Крымского полуострова, Львовской и Лохвицкой РМА, а также Манчажской РМА Предуралья [3; 7–10; 13, 24–25, 27]. Они показали незначительные изменения аномалий ΔB , в несколько нанотеслов, которые хорошо объяснялись геологическим строением земной коры, тектономагнитным и флюидным процессами.

Методика и результаты работ

Территория наших исследований — Киевская и Черниговская области — расположена на севере Украины. Для измерений был заложен профиль северо-восточного простирания, который пересекает Черниговскую РМА (рис.1). Район исследований характеризуется дифференцированным магнитным полем с наличием в составе региональной и локальной компонент [11, 12, 16, 19].

Аномалии модуля индукции магнитного поля Земли определяются выражением [15]

$$\Delta B = B - B_{IGRF} - \delta B, \quad (2)$$

т.е. в каждой точке измерений из наблюдаемого значения поля B следует вычесть значение его главной (нормальной) компоненты B_{IGRF} , а также исключить вклад вариации внешнего поля δB . Международное геомагнитное поле относительно сти IGRF является эмпирическим представлением геомагнитного поля Земли, которое рекомендовано для научного

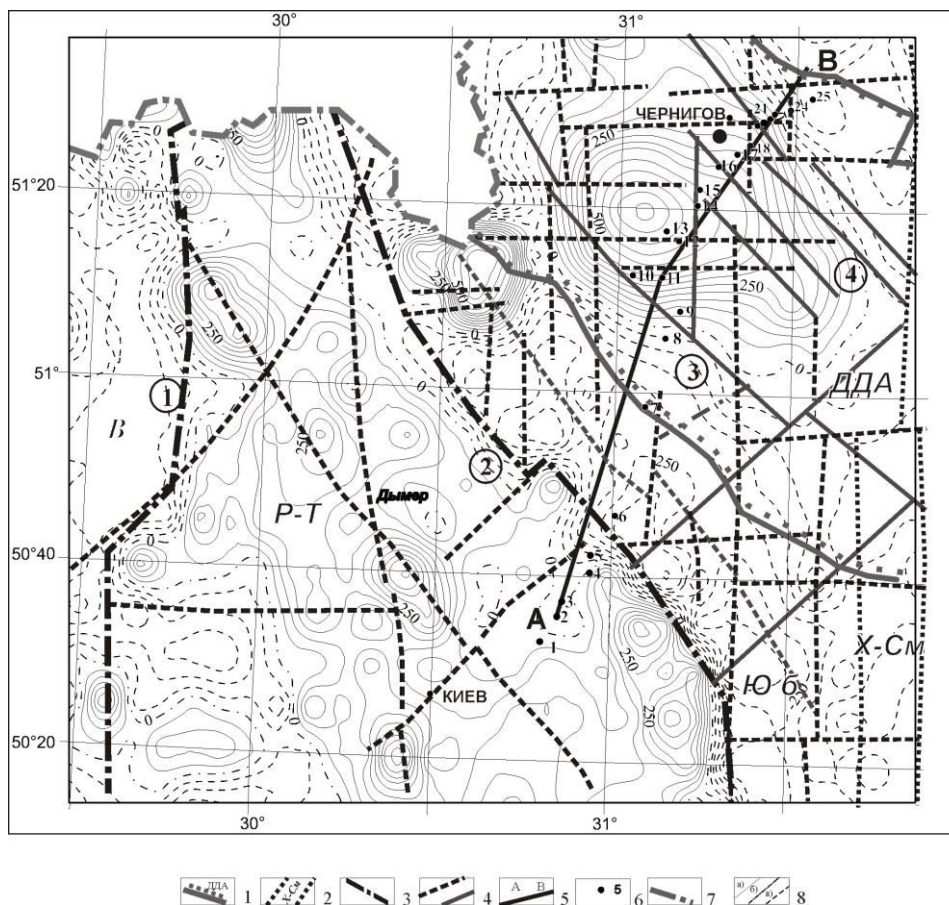


Рис. 1. Аномальное магнитное поле района исследований: 1 – граница Днепровско-Донецкого авлакогена (ДДА); 2 – трансрегиональный тектонический шов Херсон–Смоленск; 3 – главные разломы: (цифры в кружках) 1 – Брусилковский, 2 – Ядлово-Трактемировский; 3 – Южнокраевой; 4 – Северокраевой; 5 – интерпретационный профиль А-В; 6 – пункты наблюдений; 7 – граница Украины; 8 – изолинии поля в нТл: положительные (а), нулевая (б), отрицательные (в). Названия мегаблоков: В – Волынский; Р-Т – Росинско-Тикичский; Инг – Ингульский

использования Международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавигации и утверждено на XXI Генеральной Ассамблее геодезии и геофизики в Боулдере (США). Модель IGRF представляет собой главное магнитное поле (поле ядра) без влияния внешних источников и рассчитывается по коэффициентам сферического ряда 10 гармоник. Коэффициенты ряда для расчета IGRF базируются на всех доступных данных, включающих данные обсерваторий, морских, аэро- и спутниковых съемок. В модели IGRF – 2015, принятой нами для расчета нормального геомагнитного поля, учтены коэффициенты 10 гармоник для эпох 1945-2015гг. [32]. Вариация магнитного поля δB учитывалась по данным геомагнитной обсерватории «Киев», расположенной менее чем в 100 км от

максимально удаленных точек наблюдения. В табл. 1 приведены наблюдаемые, среднегодовые и аномальные значения модуля индукции ΔB , полученные в обсерватории с 2006 по 2012 г., которые свидетельствуют об их изменении B_{IGRF} – на 201 нТл, $B_{ср}$ – на 209 нТл, а ΔB – на 99-109 нТл.

Другим независимым методом изучения динамики геомагнитного поля является приведение аномалий к какому-то одному пункту (как правило, обсерватории) путем выполнения синхронных наблюдений модуля индукции B в пункте наблюдения и обсерватории и вычисление разности между ними:

$$(\Delta B)_a = B_{п.н.} - B_{обс.} \quad (3)$$

Таблица 1. Модуль индукции B и аномалии модуля индукции ΔB , полученные в геомагнитной обсерватории «Киев»

Год	$V_{\text{ср.год}}$	V_{IGRF}	ΔB
2006	50218,76	50115	103,76
2007	50250,91	50148	102,91
2008	50281,93	50180	98,93
2009	50312,47	50212	100,47
2010	50346,55	50244	102,55
2011	50388,02	50280	105,02
2012	50427,76	50316	108,76

В дальнейшем для одних и тех же пунктов динамика поля вычисляется по выражению

$$\Delta(\Delta B)_a = (\Delta B)_{a_{n+1}} - (\Delta B)_{a_n}. \quad (4)$$

В обоих случаях допускается, что вариация внешнего поля является одинаковой на исследуемой территории. Сложнее учесть вклад V_{IGRF} , поскольку в обсерватории и пунктах измерения в аномалиях (ΔB) могут быть ошибки определения его уровня, а также неоднородного характера его пространственного распределения и измерения.

Работы по измерению модуля индукции магнитного поля B выполнялись на протяжении 2008-2012гг. вдоль профиля Залесье – Ульяновка северо-восточного простираения (длиной 120 км – 24 пункта), который пересекает Черниговскую РМА. Сразу же отметим, что выбор и заложение точек наблюдения и тем более проведение повторных измерений сопряжены с определенными трудностями, связанными с наличием или возникновением помех антропогенного характера. Поэтому получены несколько отрывочные данные, т.е. не во всех точках удалось выполнить наблюдения, достаточные для вычисления динамики поля за исследуемый временной интервал. Наблюдения геомагнитного поля выполнялись по стандартной для такого типа работ методике, а именно на каждом пункте на протяжении 15–30 мин с интервалом 0,5–1 мин протонными магнитометрами (МВ-01 или ММП-203) измерялось значение B . С целью уменьшения погрешности измерений вычислялось

среднее значение поля за измеряемый временной интервал. Естественно, что соответствующие вычисления проводились и для обсерватории «Киев». Для примера в табл. 2 приведены результаты измерений и вычисления аномалий ΔB выполненных в 2012 г. (расположение точек см. на рис.1).

В соответствии с вычислениями аномальное магнитное поле ΔB на профиле изменяется от –335 до 847 нТл. Такие же измерения и вычисления проведены для 2008г., а также ряда промежуточных лет. Отметим при этом, что значения поля ΔB , полученные нами в ходе измерений и расчетов, достаточно хорошо соответствуют аналогичным значениям, снятым с карты [11] (при этом пришлось изменить уровень поля на 50 нТл).

В табл. 3 приведены результаты вычислений аномального магнитного поля ΔB (приведенного к полю V_{IGRF}) и аномального поля $(\Delta B)_a$ (приведенного к обсерватории «Киев»), а также их динамики за четыре года:

$$\Delta\Delta B_{2012-2008} \text{ и } \Delta(\Delta B)_{a,2012-2008}.$$

В соответствии с измерениями за 4 года наблюдаются следующие величины динамики поля по двум методикам: $\Delta\Delta B_{2012-2008}$ изменяется в пределах –15,9 ÷ 5,2 нТл, а $\Delta(\Delta B)_{a,2012-2008}$ – от минус 7,1 до 12,9 нТл. Полученные кривые изменения поля по двум методикам вычисления отличаются только уровнем поля, величиной примерно 8 нТл (рис.2).

Поскольку эта разница сохраняется для всех точек вычисления (по отношению к обсерватории), то логично предположить, что она обусловлена именно изменениями в обсерватории «Киев». Анализ данных табл. 1, свидетельствующий об увеличении аномалий ΔB именно на 8 нТл, позволяет интерпретировать эту величину в первом приближении неоднородным ходом поля V_{IGRF} в пределах обсерватории по отношению к точкам на профиле.

Таблица 2. Результаты измерений и вычисления аномалий ΔB , выполненных в 2012 г. (расположение точек см. на рис.1)

Пункт	№ точки	Широта ϕ , град.	Долгота λ , град.	$B_{набл}$, нТл	B_{IGRF} , нТл	$B_{обс}$, нТл	δB , нТл	$B_{абс}$, нТл	ΔB , нТл
Дымерка	1	50,59	30,85	50256,3	50319	50444,73	-16,97	50239,33	-79,67
Залесье	2	50,62	30,87	50284,8	50328	50440,45	-12,69	50272,11	-55,89
Рудня	3	50,68	30,94	50440,4	50349	50420,48	7,28	50447,68	98,68
Семиполки	4	50,71	30,94	50353,2	50357	50431,77	-4,01	50349,19	-7,81
Емельяновка	5	50,78	31,01	50043,2	50381	50424,69	3,07	50046,27	-334,73
Лемешы	6	50,98	31,10	50188,7	50440	50429,34	-1,58	50187,12	-252,88
Подлесная1	7	51,10	31,13	50366	50476	50419,1	8,66	50374,66	-101,34
Подлесная2	8	51,15	31,18	50521,2	50493	50418,5	9,26	50530,46	37,46
Надиновка1	9	51,21	31,13	50772,1	50501	50424,81	2,95	50775,05	274,05
Надиновка	10	51,22	31,04	50782,4	50493	50432,94	-5,18	50777,22	284,22
Ладынка1	11	51,28	31,17	51201,1	50522	50430,66	-2,9	51198,2	676,2
Ладынка	12	51,30	31,14	51375,8	50523	50433,09	-5,33	51370,47	847,47
Золотынка	13	51,34	31,23	51077,7	50545	50451,22	-23,46	51054,24	509,24
Ивановка	14	51,37	31,23	50951,5	50552	50447,91	-20,15	50931,35	379,35
Калычевка	15	51,42	31,28	50844	50567	50397,8	29,96	50873,96	306,96
Анисовка2	16	51,44	31,34	50847,2	50580	50405,79	21,97	50869,17	289,17
Анисовка	17	51,45	31,37	50811,5	50589	50410,04	17,72	50829,22	240,22
ПВХ Чернигов	18	51,50	31,41	50672,1	50599	50400,63	27,13	50699,23	100,23
Ульяновка2	19	51,51	31,43	50636,2	50605	50425,38	2,38	50638,58	33,58
Ульяновка1	20	51,51	31,44	50590,7	50608	50418,59	9,17	50599,87	-8,13
ПВХ Ульяновка	21	51,51	31,44	50588,1	50608	50428,49	-0,73	50587,37	-20,63
Старица	22	51,52	31,49	50458,1	50617	50440,09	-12,33	50445,77	-171,23
Сновьянка	23	51,55	31,55	50405,3	50628	50428,89	-1,13	50404,17	-223,83

С учетом вышеизложенного можно констатировать незначительные временные изменения аномального магнитного поля, составляющие $\Delta \Delta B = -3,8 \pm 1,3$ нТл/год. Но при этом намечаются вполне определенные закономерности их пространственного распределения: с одной стороны, положительная связь аномалий $\Delta \Delta B$ с характером аномального магнитного ΔB , а с другой – приуроченность наиболее интенсивных из них к зонам его максимальных градиентов (см. рис.2).

Обсуждение результатов

Анализ динамики геомагнитного поля свидетельствует прежде всего о том, что какая-то часть его изменений может быть обусловлена эффектом подмагничивания

источника Черниговской РМА внешним магнитным полем. Для проверки этой гипотезы была уточнена магнитная модель земной коры исследуемого региона. За основу при этом взята магнитная модель, разработанная в работах [12, 14]. В соответствии с построенной моделью Черниговская РМА объясняется источниками консолидированной земной коры: верхний распространяется от глубины кристаллического фундамента, залегающего здесь на глубинах 3–4 км, до слабого отражающего горизонта на глубине 13 км, а нижний – от последнего до поверхности Мохоровичича (40–41 км) (рис.2). Магнитная восприимчивость (намагниченность) верхнего источника имеет величину $\chi=0.041$ ед.СИ ($J=1,65$ А/м), а нижнего – $\chi=0.053$ ед.СИ ($J=2,1$ А/м) (см.рис.2).

Таблица 3. Результаты вычислений аномального магнитного поля ΔB и аномального поля $(\Delta B)_a$, а также их динамики за четыре года – $\Delta B_{2012-2008}$ и $\Delta(\Delta B)_a, 2012-2008$

Пункт	ΔB_{2008}	ΔB_{2012}	$(\Delta B)_{a,2008}$	$(\Delta B)_{a,2012}$	$\Delta(\Delta B)_a, 2012-2008$	$\Delta\Delta B_{2012-2008}$	$B_{инд}$	$\Delta(\Delta B)_a, 2012-2008 - B_{инд}$	$\Delta\Delta B_{2012-2008} - B_{инд}$
Дымерка	-116,5	-79,67	-216,38	-188,43			0,5		
Залесье	-58,0	-55,89	-148,74	-155,65	2,1	-6,91	0,35	1,7	-7,26
Рудня	93,0	98,68	23,05	19,92	5,7	-3,13	-0,11	5,8	-3,02
Семиполки	-15,3	-7,81	-78,11	-78,57	7,5	-0,46	-0,25	7,8	-0,21
Омельяновка	-334,7	-334,73	-374,49	-381,49	0,0	-7	-0,57	0,6	-6,43
Лемеша		-252,88		-240,64			-0,38		
Подлесная1	28,73	37,46	102,8	102,7	8,7	-0,1	0	8,7	-0,1
Подлесная2		-101,34		-53,1			0,26		
Надиновка1	265,63	274,05	346,7	347,29	8,4	0,59	1,28	7,1	-0,69
Надиновка	279,83	284,22	353,9	349,46	4,4	-4,44	1,2	3,2	-5,64
Ладынка1	665,53	676,2	768,6	770,44	10,7	1,84	3,25	7,4	-1,41
Ладынка	838,83	847,47	942,9	942,71	8,6	-0,19	3,87	4,8	-4,06
Золотынка	498,98	509,24	624,05	626,48	10,3	2,43	3,74	6,5	-1,31
Ивановка	367,63	379,35	500,7	503,59	11,7	2,89	3,6	8,1	-0,71
Каличевка	299,03	306,96	447,1	446,2	7,9	-0,9	2,36	5,6	-3,26
Анисовка2	280,78	289,17	441,85	441,41	8,4	-0,44	1,15	7,2	-1,59
Анисовка	231,93	240,22	401	401,46	8,3	0,46	0,49	7,8	-0,03
ПВХ Чернигов	107,33	100,23	287,4	271,47	-7,1	-15,93	-0,1	-7,0	-15,83
Ульяновка2	29,13	33,58	215,2	210,82	4,5	-4,38	-0,23	4,7	-4,15
Ульяновка1	41,13	-8,13	229,2	172,11			-0,277		
ПВХ Ульяновка	-28,17	-20,63	159,9	159,61	7,5	-0,29	-0,32	7,9	0,03
Старица	-184,17	-171,23	12,9	18,1	12,9	5,2	-0,45	13,4	5,65
Сновянка		-223,83		-23,59			-0,59		

Используя полученную модель, а также линейную зависимость индуктивной составляющей от величины намагничивающего поля ($J = \chi * H_e$), можно рассчитать соответствующий эффект подмагничивания пород земной коры за счет изменения величины главного магнитного поля Земли B_{IGRF} . С учетом того, что для временного интервала с 2007 по 2012г. намагничивающее поле изменилось на 170 нТл, максимальная величина индуцированного эффекта составляет 4,5 нТл. при интенсивности аномального магнитного поля 750 нТл. Естественно, что поведение кривой за счет подмагничивания соответствует характеру аномального магнитного поля, и его величина в пределах профиля изменяется от 4 нТл до -0,5 нТл (см. рис.2). Данный эффект был исключен из аномалии ΔB , в результате

чего в остаточной кривой остались незначительные его величины для большей части профиля (в пределах $\pm 0,5$ нТл/год) и только в ряде мест наблюдаются значимые локальные изменения (более $\pm 1,0$ нТл/год) (см. табл.2, рис.2). В соответствии с геолого-тектоническим строением и разломной тектоникой земной коры исследуемого региона [2, 5] эти изменения хорошо увязываются с краевыми ограничениями глубинных магнитных источников и сопряженными с ними глубинными разломами. В частности, локальное уменьшение аномалий ΔB (т. 1-4) приурочивается к Ядловско-Трактемировскому разлому, разделяющему Росинско-Тикичский и Ингульский мегаблоки Украинского щита, Южнокраевому (т. 9, 10) и Северокраевому (т. 18-21) разломам Днепровско-Донецкого рифта (см. рис.2).

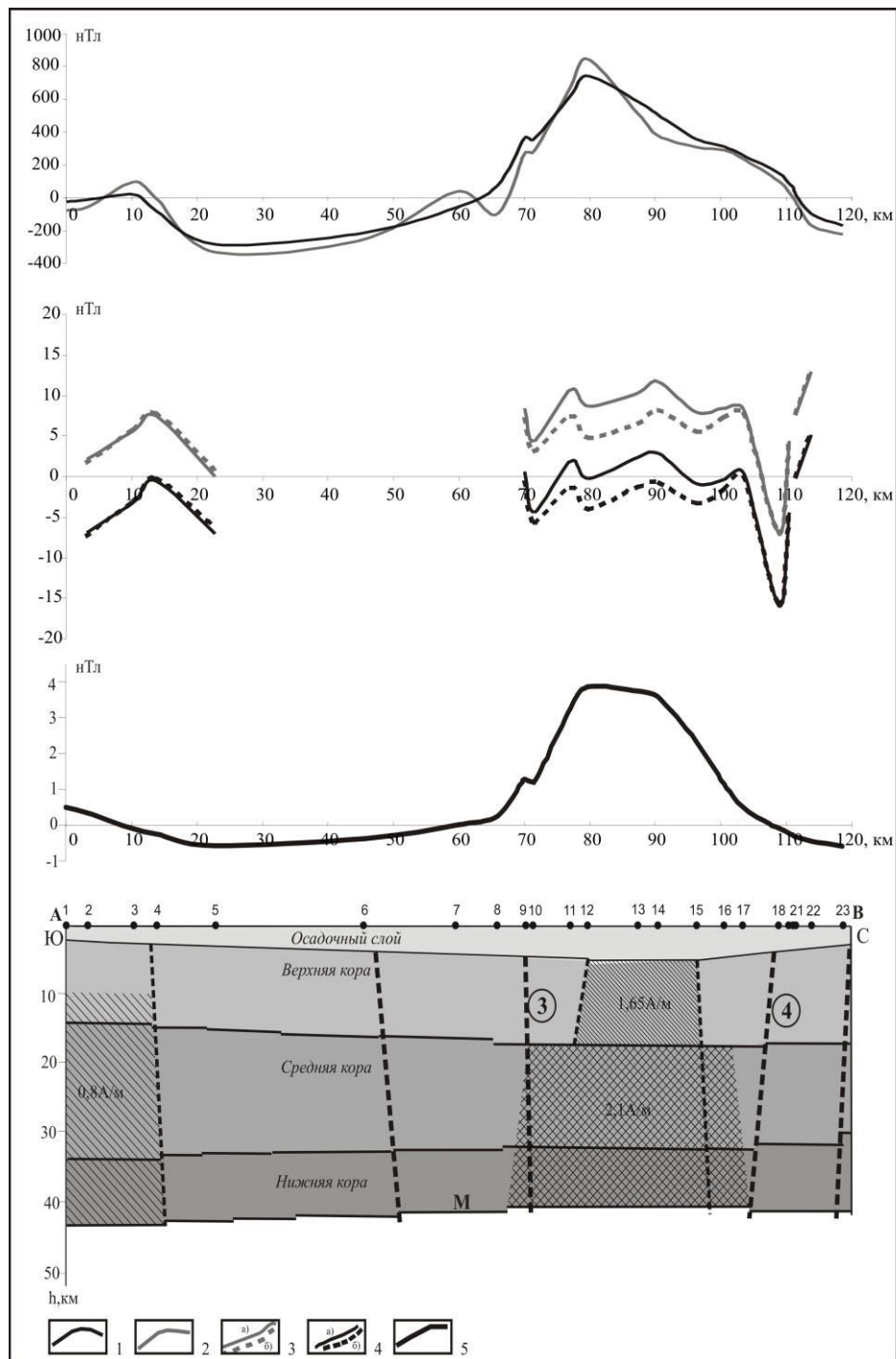


Рис. 2. Магнитная модель земной коры Черниговской региональной магнитной аномалии вдоль профиля А-В. Графики аномального магнитного поля: 1 – ΔB , измеренное в 2012 г.; 2 – ΔB с карты аномального магнитного поля [11]; 3 – динамика аномалий модуля индукции $\Delta(\Delta B)$ с 2008 по 2012 г. (а – рассчитанная величина, б – с учетом поправки за подмагничивающий эффект); 4 – динамика аномалий модуля индукции $\Delta(\Delta B)_a$ с 2008 по 2012 г. (а – рассчитанная величина, б – с учетом поправки за подмагничивающий эффект); 5 – подмагничивающий эффект источников Черниговской РМА для временного интервала с 2007 по 2012 г. Цифры в кружках см. на рис.1.

Аналогичная динамика геомагнитного поля в отношении знака аномалий и их приуроченности к зонам краевых глубин-

ных разломов была выявлена ранее при исследовании динамики Лохвицкой РМА [7, 13]. В соответствии с существующими

данными повышенная динамика геомагнитного поля в зонах глубинных разломов связывается с флюидной деятельностью в их пределах и свидетельствует об их современной геодинамической активности.

Выводы

Исследована динамика Черниговской региональной магнитной аномалии на основании измерений модуля индукции геомагнитного поля B во временном интервале 2008-2012 гг. вдоль профиля Залесье – Ульяновка длиной 120 км.

В результате интерпретации данных измерений и вычислений установлены следующие закономерности:

1. Увеличение за исследуемый временной интервал модуля индукции геомагнитного поля B на 140 нТл (35 нТл/год), причем эти изменения почти полностью обусловлены главным магнитным полем Земли B_{IGRF} .

2. На фоне существенного общего увеличения геомагнитного поля выделены незначительные временные изменения аномалий ΔB регионального ($\Delta B < 1,0$ нТл/год) и локального ($\Delta B > \pm 1,5$ нТл/год) характера.

3. Расчетная величина индукционного эффекта от сложного магнитного источника (в пределах $-0,5 \div 4,0$ нТл) хорошо описывает изменения аномалий ΔB регионального характера.

4. Знакопеременные аномалии ΔB локального характера ($-15,9 \div 5,2$ нТл) приурочены к Южнокраевому и Северокраевому глубинным разломам Днепровско-Донецкого авлакогена (рифта) и с большей долей вероятности свидетельствуют об их современной геодинамической активности.

Библиографический список

1. Берлянд Н.Г., Цирель В.С. О наличии в геомагнитном поле крупных региональных аномалий // Геомагнетизм и аэрономия. 1974. XIV, № 3. С. 530–537.
2. Геофізична основа тектонічної карти України. Схема розломно-блокової тектоніки

- (для Східно-Європейської платформи), епібайкальського і епіпалеозойського (для Західно-Європейської платформи та Скіфської плити) фундаменту України. Масштабу 1 : 1 000 000 / Мінекоресурсів України, ПДРГП «Північ геологія». 2002. 2 л.
3. Завойская И.Н., Мищенко Ю.П. Пространственно-временная структура длительных геомагнитных вариаций на Крымском полуострове // Исследование геомагнитного поля и палеомагнетизма. Киев: Наук. Думка, 1983. С. 40–47.
 4. Крутиховская З.А. Глубинные магнитные неоднородности: миф или действительность? // Геофизический журнал. 1986. Т. 8, № 5. С. 3–23.
 5. Крутиховская З.А., Мельничук Э.В., Слоницькая С.Г., Орлюк М.И. Региональные магнитные аномалии и мелкомасштабное прогнозирование полезных ископаемых // ДАН УССР, 1985. № 4. Сер. Б. С.37–43.
 6. Крутиховська З.О., Пашкевич І.К., Русаков О.М., Соловійов В.Д. Наземна абсолютна магнітна зйомка території Української РСР // Вісник УРСР. 1973. № 9. С. 101–102.
 7. Максимчук В. Е., Орлюк М.И., Городиский Ю.Н., Кузнецова В.Г., Чоботок И.А. Короткопериодные вариации геомагнитного поля ΔT в центральной части Днепровско-Донецкой впадины // Геофизический журнал 1996. Т. 18, № 3. С. 52–57.
 8. Максимчук В., Городиский Ю., Кузнецова В. Динаміка аномального магнітного поля Землі. Львів: Євро світ, 2001. 308 с.
 9. Максимчук В.Е., Городиский Ю.М., Кузнецова В.Г., Орлюк М.И., Пашкевич И.К. Тектономагнитные исследования на юго-западной окраине Восточно-Европейской платформы // ДАН УРСР. 1991. № 7. С. 16.
 10. Максимчук В.Ю., Орлюк М.И., Трегубенко В.И., Городиский Ю.М., Мясоедов В.П., Накалов С.Ф. Наземна абсолютна магнітна зйомка на опорній мережі пунктів вікового ходу в Україні для епохи 2005 року // Геофизический журнал. 2010. Т.32, № 6. С. 102–116.
 11. Нечаева Т.С., Шимків Л.М., Горкавко В.М. Карта аномального магнітного поля (ΔT)_a України м-бу 1 : 1 000 000. Київ, 2002. 1 л.
 12. Орлюк М.И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы

- континентального типа // Геофизический журнал. 2000. Т. 22, №6. С. 148–165.
13. Орлюк М.И., Максимчук В.Е., Вакарчук Г.И., Чепиль П.М. Магнитометрические исследования при региональном и локальном прогнозе нефтегазоносности земной коры Днепровско-Донецкой впадины // Геофизический журнал. 1998. Т. 20, №3. С.92–102.
 14. Орлюк М.И., Пашкевич И.К. Оцінка намагніченості консолідованої кори Дніпровсько-Донецького авлакогену // ДАН України. 1994. № 5. С. 125–128.
 15. Орлюк М.И., Роменец А.А. Структура и динамика главного магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе // Odessa astronomical publications. 2011. Vol.24. P.124–129.
 16. Орлюк М.И., Роменец А.А., Бакаржиева М.И., Марченко А.В., Лебедь Т.В. Методика и первые результаты магнитометрических исследований Черниговской региональной магнитной аномалии // Матер. Второй междунар. конф. «Актуальные проблемы электромагнитных зондирующих систем» (1–4 октября 2012 г., Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины). Киев, 2012. С. 70–73.
 17. Орлюк М.И., Роменец А.А. Новый критерий оценки пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли и некоторые аспекты его использования // Геофизический журнал. 2005. Т. 27, №6. С.1012–1023.
 18. Орлюк М.И., Марченко А.В. Розробка 3D магнітної моделі земної кори Східно-Європейського кратону з врахуванням сферичності Землі // Геодинаміка. 2011. №2(11). С. 224–227.
 19. Пашкевич И.К., Марковский В.С., Орлюк М.И. и др. Магнитная модель литосферы Европы / под ред. Г.И.Каратаева. Киев: Наукова Думка, 1990. 168 с.
 20. Пашкевич И.К., Печерский Д.М., Городницкий А.М. и др. Петромагнитная модель литосферы / под ред. Д.М. Печерского. Киев: Наукова Думка, 1994. 176 с.
 21. Розе Т.Н. Региональные магнитные аномалии Украины и их связь с геотектоникой // Ученые записки Ленинградского университета. Сер. физ. наук. 1937. №3. С. 123–133.
 22. Симоненко Т.Н. Условная классификация региональных магнитных аномалий // Магнитные аномалии земных глубин. Киев: Наукова Думка, 1976. С. 5–17.
 23. Тектонічна карта України : масштаб 1:1000000 / Гол. ред. Круглов С.С., Гурський Д.С. Київ: Державна геологічна служба, 2004.
 24. Федорова Н.В. Моделирование динамики магнитного поля при исследовании природы Манчжурской аномалии векового хода // Физика Земли. 2005. №5. С. 18–25.
 25. Шануро В.А. Исследование временной динамики Манчжурской региональной магнитной аномалии // Известия АН СССР. Физика Земли. 1982. №8. С. 65–77.
 26. Duma G., Leichter B. and MagNet Group (Bayer T., Brkis M., Skontos A., De Santis A., Demetresku C., Dobrica V., Dominici G., Heida P., Horacek J., Korte M., Kultima J., Maksymchuk V., Manda M., Macmillan S., Orlyuk M., Pajunpaa K., Popeskov D., Shanatan T., Srebrov B., Sugar D., Sulakova L., Thebault E., Vaczyova M., Valach F., Vuyic E., Welker E.). Map of magnetic declination in Europe (2006). CCGM-CGMW. Paris, France-www.ccgm.org., 2012. 1Sh.
 27. Erwan Thébault, Michael Purucker, Kathryn A. Whaler, Benoit Langlais, Terence J. Sabaka. The Magnetic Field of the Earth's Lithosphere // Space Sci Rev DOI 10.1007 / s11214-010-9667-6.
 28. Manda M. and Purucker M. Observing, modeling, and interpreting magnetic fields of the solid Earth // Surveys in Geophysics. 2005. Vol. 26, N 4. P. 415–459. doi:10.1007 / s10712-005-3857-x.
 29. Maus S., Rother M., Hemant K., Stolle C., Lühr, Hermannr H., Kuvshinov A., Olsen N. Earth's lithospheric magnetic field determined to spherical harmonic degree 90 from CHAMP satellite measurements // Geophysical Journal International. 2006. Vol. 164. P. 319–330.
 30. Monika Korte and Martin Fredow. Magnetic repeat station survey of Germany 1999/2000 // Scientific technical report. GeoForschungsZentrum Potsdam, 2001. Vol. 20. 23 p.
 31. Olsen N., Hulot G., Sabaca T.J. Treatise on Geophysics. Vol. 5. Geomagnetism. The present Field. Volume editors: Masaru Kono. Publisher at Elsevier., 2009.
 32. Purucker M. Planetary magnetic fields of the solar system 2011. Available at: <http://planetary-mag.net/index.html>.

33. *Rother G.* Untersuchungen des anomalen geomagnetischen Feldes - eine Methode zur Lokalisierung der Unterkante der magnetisch wirksamen Erdkruste. Potsdam, 1979. 96 p.
34. *Teti Zubaidah, Monika Korte, Mioara Manda, Mohamed Hamoudi.* New insights into regional tectonics of the Sunda–Banda Arcs region from integrated magnetic and gravity modelling// *Journal of Asian Earth Sciences*. 2014. Vol. 80. P. 172–184.
35. *Valentyn Maksymchuk, Mykhailo Orlyuk, Viktor Tregybenko, Yuriy Horodyskyi, Dmytro Marchenko.* Ukrainian geomagnetic repeat station on work and results of the field work reduced to the epoch 2005.5//*ANNALS OF GEOPHYSICS*. 2012. Vol. 55, № 6, doi: 10.4401/ag-5406. pp. 1161-1165, Available at: <http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/5406/6196>.
36. *Verbanac G., Luhr H., Rother M., Korte M., Manda M.* Contributions of the external field to the observatory annual means and a proposal for their corrections // *Earth Planetary Space*. 2007. Vol. 59. P. 251–257.

Study of Dynamics of Geomagnetic Field at the Area of Chernigov Regional Anomaly

M.A. Orlyuk, A.A. Romenets, M.I. Bakarzhieva, A.V. Marchenko, and T.V. Lebed

Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin. Palladin, Ave. 32, Kiev, 03680, Ukraine, E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua; earth@igph.kiev.ua

Time dynamics of geomagnetic field in the region of Chernigov regional magnetic anomaly was investigated using the records of magnetometry observations at 2008 – 2012 years. During these four years the induction module B increased by 140 nT. Against this background trend, the low-level anomalous time variations ΔB were observed regionally ($\Delta\Delta B < 1.0$ nT / year) and locally ($\Delta\Delta B > \pm 1,5$ nT / year). The regional variations are interpreted as a result of magnetization of the magnetic source. The local variations are supposed to be generated by the fluid processes in geodynamic active deep faults of the Dnieper-Donets rift.

Key words: dynamics of the geomagnetic field; regional magnetic anomaly; faults.

References

1. *Berlyand N.G., Tsirel V.S.* 1974. O nalichii v geomagnitnom pole krupnykh regionalnykh anomaliiy [About the existence of the large regional anomalies in the geomagnetic field]. *Geomagnetizm i aeronomiya*. XIV(3):530–537.
2. *Geofizichna osnova tektonichnoy karty Ukrainy. Skhema razlomno-blokovoy tektoniki (dlya Skhidno-Evropeyskoy platformy), epibaykalskogo i epipaleozoyskogo (dlya Zakhidno-Evropeyskoy platform ta Skifskoy plity) fundamentu Ukrainy. Masshtabu 1:1 000 000.* [Geophysical basis of the tectonic map of Ukraine. Scheme of fault block tectonics (for East-European platform), epibaykal and epipaleozoic (for West-European platform) basement of Ukraine. Scale 1:1 000 000]. 2002. Minekoresursiv Ukrainy, PDRGP “Pivnichgeologiya”. 2 Sheets.
3. *Zavoyskaya I.N., Mishchenko Yu.P.* 1983. Prostranstvenno-vremennaya struktura dlitelnykh geomagnitnykh variatsiy na Krymskom poluostrove [Space-time structure of continuous geomagnetic variations at Crimean Peninsula]. *In Issledovaniye geomagnitnogo polya i paleomagnetizma*. Nauk. Dumka, Kiev, p. 40–47.
4. *Krutikhovskaya Z.A.* 1986. Glubinnye magnitnye neodnorodnosti: mif ili deystvitelnost? [Deep magnetic inhomogeneities: myth or reality?]. *Geofizicheskiy zhurnal*. 8(5):3–23.
5. *Krutikhovskaya Z.A., Slonitskaya S.G., and Orlyuk M.I.* 1985. Regionalnye magnitnye anomalii i melkomashtabnoe prognozirovaniye poleznykh iskopaemykh [Regional

- magnetic anomalies and small-scale mineral reserves prospecting]. DAN USSR. 4, Seria B, pp. 37–43.
6. *Krutikhovska Z.O., Pashkevich I.K., Rusakov O.M., and Solovyov V.D.* 1973. Nazemna absolynutna magnitna zymka teritorii Ukarinskoy RSR [Ground-based magnetic mapping of territory of Ukrainian RSR]. Visnik URSR. 9:101–102.
 7. *Maksimchuk V.E., Orlyuk V.E., Gorodiskiy Yu.N., Kuznetsova V.G., and Chobotok I.A.* 1996. Korotkoperiodnye variatsii geomagnitnogo polya ΔT v tsentralnoy chasti Dneprovsko-Donetskoy vpadiny [Short-term variations of geomagnetic field ΔT in central part of Dnieper-Donets basin]. 18(3):52–57.
 8. *Maksimchuk V., Gorodiskiy Yu., and Kuznetsova V.* 2001. Dinamika anomalnogo magnitnogo polya Zemli [Dynamics of anomalous magnetic field of Earth]. Evrosvit, Lviv, p. 308.
 9. *Maksimchuk V.E., Gorodiskiy Yu.M., Kuznetsova B.G., Orlyuk M.I., and Pashkevich I.K.* 1991. Tektonomagnitnye issledovaniya na yugo-zapadnoy okraine Vostochno-Evropeyskoy platformy [Tectono-magnetic investigation at south-west edge of East-European platform]. DAN URSR, 7:16.
 10. *Maksimchuk V.Yu., Orlyuk M.I., Tregubenko V.I., Gorodiskiy Yu.M., Myasoedov V.P., and Nakalov E.F.* 2010. Nazemna absolynutna magnitna zymka na opornoy merezhi punktiv vikovogo khodu v Ukraini dlya epokhi 2005 roku [Ground-based absolute magnetic survey on the reference network of circular variations in Ukraine for 2005 epoch]. Geofizicheskiy zhurnal, 32(6):102–116.
 11. *Nechaeva T.S., Shimkiv L.M., and Gorkavko V.M.* 2002. Karta anomalnogo magnitnogo polya (ΔT)_a Ukraini masshtabu 1 : 1 000 000 [Map of anomalous magnetic field (ΔT)_a of Ukraine of scale 1 : 1 000 000]. Kiev. 1 Sheet.
 12. *Orlyuk M.I.* 2000. Prostranstvennye i prostranstvenno-vremennye magnitnye modeli raznorangovykh struktur litosfery kontinentalnogo tipa [Spatial and space-time magnetic models of multi-range structures of continental lithosphere]. Geofizicheskiy zhurnal, 22(6):148–165.
 13. *Orlyuk M.I., Maksimchuk V.E., Bakarchuk G.I., and Chepil P.M.* 1998. Magnitometricheskie issledovaniya pri regionalnom i lokalnom prognoze heftegazonosnosti zemnoy kory Dneprovo-Donetskoy vpadiny [Magnetometry investigations for regional and local prediction of oil-and-gas content of Earth crust of Dnieper-Donets basin]. Geofizicheskiy zhurnal, 20(3):92–102.
 14. *Orlyuk M.I., Pashkevich I.K.* 1994. Otsinka namagnichenosti konsolidovanoy kory Dniprovsko-Donetskogo avlakogenu [Assessment of magnetization of consolidated crust of Dnieper-Donets aulacogen]. DAN Ukrainy, 5:125–128.
 15. *Orlyuk M.I., Romanets A.A.* 2011. Struktura i dinamika glavnogo magnitnogo polya Zemli na eyo poverkhnosti i v blizhnem kosmose [Structure and dynamics of general magnetic field of Earth on the surface and in space]. Odessa astronomical publications. 24:124–129.
 16. *Orlyuk M.I., Romanets A.A., Bakarzhieva M.I., Marchenko A.V., and Lebed T.V.* 2012. Metodika i pervye rezultaty magnitometricheskikh issledovaniy Chernigovskoy regionalnoy magnitnoy anomalii [Methodology and first results of magnetometry investigation of Chernigov regional magnetic anomaly]. Materialy Vtoroy Mezhdunar. Konf. «Aktualnye problem elektromagnitnykh zondiruyushchikh system». October 1–4, 2012. Inst. Geophys. named after S.I. Subbotin NAN Ukrainy, Kiev, CD-ROM, pp. 70–73.
 17. *Orlyuk M.I., Romanets A.A.* 2005. Noviy kriteriy otsenki prostranstvenno-vremennoy vozmushchennosti magnitnogo polya Zemli i nekotorye aspekty ego ispolzovaniya [New criterion of assessment of space-time disturbance of Earth magnetic field and some aspects of its usage]. Geofizicheskiy zhurnal, 27(6):1012–1023.
 18. *Orlyuk M.I., Marchenko A.V.* 2011. Rozrobka 3D magnitnoy modeli zemnoy kory Skhidno-Evropeyskogo kratonu z vrakhuvannyami sferichnosti Zemli [Development of 3D magnetic model of Earth crust of West-European craton with assumption of spherical Earth]. Geodinamika, 2(11):224–227.
 19. *Pashkevich I.K., Markovskiy V.S., Orlyuk M.I., et al.* 1990. Magnitnaya model litosfery Zemli [Magnetic model of the Earth lithosphere]. Ed. G.I. Karataev, Nauk. Dumka, Kiev, p. 168.
 20. *Pashkevich I.K., Pecherskiy D.M., Gorodnitskiy A.M., et al.* 1994. Petromagnitnaya model litosfery [Petromagnetic model of lithosphere]. Ed. D.M. Pecherskiy D.M., Nauk. Dumka, Kiev, p. 176.

21. *Rose T.N.* 1937. Regionalnye magnitnye anomalii Ukrainy i ikh svyaz s geotektonikoy [Regional magnetic anomalies of Ukraine and their relationship with geotectonics]. Uch. Zap. Leningradskogo Univ., Ser. Fiz. Nauk, 3:123–133.
22. *Simonenko T.N.* 1976. Uslovnaya klassifikatsiya regionalnykh magnitnykh anomalii [Conditional classification of regional magnetic anomalies]. In *Magnitnye anomalii zemnykh glubin*, Nauk. Dumka, p. 5–17.
23. *Tektonichna karta Ukrainy: mashtab 1:1 000 000.* 2004. Eds. Kruglov S.S., Gurskiy D.S. Derzhavna geologichna sluzhba, Kiev.
24. *Fedorova N.V.* 2005. Modelirovanie dinamiki magnitnogo polya pri issledovanii prirody Mnchazhskoy anomalii vekovogo khoda [Modeling of dynamics of magnetic field in case of investigation of nature of Manchazh anomaly of circular variation]. *Fizika Zemli* 5:18–25.
25. *Shapiro V.A.* 1982. Issledovanie vremennoy dinamiki Manchazhskoy regionalnoy magnitnoy anomalii [Investigation of time dynamics of Manchazh regional magnetic anomaly]. *Ivestiya AN SSSR. Fizika Zemli*, 8:65–77.
26. *Duma G., Leichter B., and MagNet Group (Bayer T., Brkis M., Skontos A., De Santis A., Demetresku C., Dobrica V., Dominici G., Heida P., Horacek J., Korte M., Kultima J., Maksymchuk V., Manda M., Macmillan S., Orlyuk M., Pajunpaa K., Popeskov D., Shanatan T., Srebrov B., Sugar D., Sulakova L., Thebault E., Vaczyova M., Valach F., Vuyic E., Welker E.)* 2012. Map of magnetic declination in Europe (2006). CCGM-CGMW. Paris, France www.ccgm.org. 1Sh.
27. *Erwan Thébault, Michael Purucker, Kathryn A. Whaler, Benoit Langlais, Terence J. Sabaka.* The Magnetic Field of the Earth's Lithosphere. *Space Sci Rev.* DOI 10.1007/s11214-010-9667-6
28. *Manda M., Purucker M.* 2005. Observing, modeling, and interpreting magnetic fields of the solid Earth. *Surveys in Geophysics*, 26(4):415–459, doi:10.1007/s10712-005-3857-x
29. *Maus S., Rother M., Hemant K., Stolle C., Lühr, Hermannr H., Kuvshinov A., Olsen N.* 2006. Earth's lithospheric magnetic field determined to spherical harmonic degree 90 from CHAMP satellite measurements. *Geophysical Journal International*, 164:319–330.
30. *Monika Korte, Martin Fredow.* 2001. Magnetic repeat station survey of Germany 1999/2000. *GeoForschungs Zentrum Potsdam, Scientific technical report (Tom 20)*, GeoForschungs Zentrum Potsdam, p. 23.
31. *Olsen N, Hulot G, Sabaca T.J.* 2009. Treatise on Geophysics. Volume 5. Geomagnetism. The present Field. Ed. Masaru Kono. Elsevier.
32. *Purucker M.* 2011. Planetary magnetic fields of the solar system. Available at: <http://planetary-mag.net/index.html/>
33. *Rother G.* 1979. Untersuchungen des anomalen geomagnetischen Feldes - eine Methode zur Lokalisierung der Unterkante der magnetisch wirksamen Erdkruste. Potsdam, p. 96.
34. *Teti Zubaidah, Monika Korte, Mioara Manda, Mohamed Hamoudi.* 2014. New insights into regional tectonics of the Sunda–Banda Arcs region from integrated magnetic and gravity modelling. *Journal of Asian Earth Sciences*. 80:172–184.
35. *Valentyn Maksymchuk, Mykhailo Orlyuk, Viktor Tregubenko, Yuriy Horodyskiy, Dmytro Marchenko.* 2012. Ukrainian geomagnetic repeat station on work and results of the field work reduced to the epoch 2005.5. *ANNALS OF GEOPHYSICS*, 55(6); doi: 10.4401/ag-5406. pp. 1161-1165, Available at: <http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/5406/6196>
36. *Verbanac G., Luhr H., Rother M., Korte M., Manda M.* 2007. Contributions of the external field to the observatory annual means and a proposal foe their corrections. *Earth Planetary Space*, 59:251–257.