

УДК 550.384

В. И. ТРЕГУБЕНКО, заведующий отделом (УкрГГРИ),
В. Е. МАКСИМЧУК, д-р. физ.-мат. наук, директор (Карпатское отделение Института геофизики НАНУ),
М. И. ОРЛЮК, д-р. геол. наук, заведующий отделом (Института геофизики НАНУ),
В. П. МЯСОЕДОВ, ведущий инженер-геофизик (УкрГГРИ),
Д. А. МАРЧЕНКО, канд. техн. наук, старший научный сотрудник (Карпатское отделение Института геофизики НАНУ),
А. А. РОМЕНЕЦ, младший научный сотрудник (Институт геофизики НАНУ)

КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ДЛЯ ЭПОХИ 2010 ГОДА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ В ПУНКТАХ ВЕКОВОГО ХОДА

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Объектом исследования являются элементы земного магнетизма на территории Украины, вековые вариации компонент геомагнитного поля. Выполнены абсолютные компонентные измерения второго цикла в 52 ПВХ, восстановленных и заложенных в 2005–2007 гг., а также в пяти новых детализационных ПВХ. Результаты измерений привязаны к данным обсерватории “Бельск”, входящей в международную систему геомагнитных измерений “Интермагнет”. Созданы каталог и база данных наблюдений в ПВХ, построены карты компонент магнитного поля Земли и его векового хода для территории Украины для эпохи 2010 г. Полученные результаты есть неотъемлемой частью метрологического обеспечения магниторазведки в Украине, что позволит строить сводные карты магнитного поля для территории Украины с целью регионального изучения ее геологического строения. Отрасль использования – геологоразведка, картография, навигация.

Subjects of inquiry are the elements of terrestrial magnetism of the territory of the Ukraine, secular variations of geomagnetic field components. Absolute component geomagnetic measurements of second cycle at 52 repeat stations (RS) renewed and laid in 2005–2007 as well as at new additional STS have been carried out. Measurement results are attached to the data obtained by Bel'sk observatory that is a part of international measurement system Intermagnet. Catalogue and data base of observations at RS have been created, maps of components of the Earth's normal magnetic field and its secular variation for the territory of the Ukraine for 2010 epoch have been obtained, analytical model of main magnetic field and its secular variation for the territory of the Ukraine of 2010 epoch have been calculated. These results are integral of metrological assurance of magnetic exploration in the Ukraine. It will enable to create integrated maps for the territory of the Ukraine with the view of its regional studying. Field of application: geological exploration, cartography, navigation.

Введение. Магнитное поле Земли (МПЗ) постоянно изменяется. Исследование его пространственно-временной структуры является важной и актуальной задачей, связанной с решением ряда фундаментальных и прикладных задач геофизики и геологии. Для решения этой задачи необходимы непрерывные или периодические наблюдения абсолютных

значений компонент МПЗ на опорных геомагнитных сетях различных классов. Наблюдаются все составляющие полного вектора индукции магнитного поля Земли – X, Y, Z, H, T, D, I (рис. 1) [1]. Наиболее высокоточные и непрерывные наблюдения за МПЗ выполняются на планетарных опорных сетях высшего класса – геомагнитных обсерваториях (ГО). Результаты измерений в ГО позволяют изучить глобаль-

ную составляющую пространственно-временной структуры МПЗ, а для изучения ее региональной составляющей используются геомагнитные опорные сети 1-го класса: пункты векового хода (ПВХ) магнитного поля Земли, абсолютные измерения компонент МПЗ, в которых выполняются с периодичностью 2–5 лет. Существуют опорные геомагнитные сети и более низкого порядка, на которых выполняются пе-

риодические измерения, в основном модуля полного вектора магнитного поля T.

Создание опорных геомагнитных сетей и проведение на них мониторинговых исследований чрезвычайно важно для геологической отрасли Украины. Опорные геомагнитные сети являются неотъемлемой составляющей метрологического обеспечения магниторазведочных работ в Украине. Исследование пространственно-временной структуры МПЗ на опорных геомагнитных сетях дают возможность корректно рассчитать компоненты нормального МПЗ, без которых невозможно создание приведенных к одному уровню и эпохе сводных карт аномального магнитного поля Украины, необходимых для регионального изучения геологического строения ее территории и прогноза месторождений полезных ископаемых. Результаты измерений на опорных геомагнитных сетях также используются и другими отраслями народного хозяйства Украины и в частности Министерством обороны, в картографии и навигации.

В Украине сеть ПВХ, созданная в конце 60-х годов прошлого века, к началу нынешнего столетия была фактически утрачена. Усилиями коллективов Украинского государственного геологоразведочного института, Института геофизики Национальной академии наук Украины и его Карпатского отделения в 2005–2007 гг. после 30-летнего перерыва была восстановлена опорная геомагнитная сеть Украины 1-го класса и выполнен первый цикл наблюдений [2]. В этой статье приводятся результаты второго цикла компонентных наблюдений на восстановленной сети ПВХ, выполненных в 2008–2012 гг.

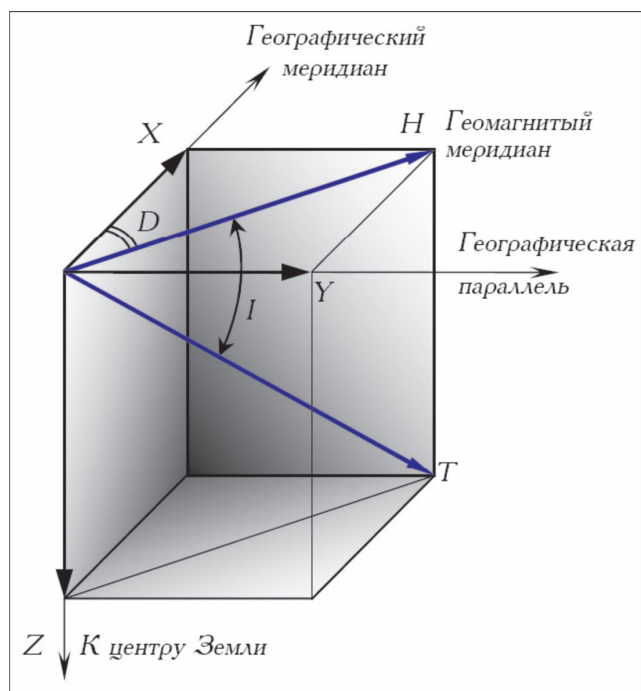


Рис. 1. Составляющие полного вектора индукции магнитного поля Земли:

X – северная, Y – восточная, Z – вертикальная, H – горизонтальная, T – полный вектор, D – магнитное склонение, I – магнитное наклонение

Методика исследований.

Обоснование необходимости проведения исследований на опорных геомагнитных сетях в Украине, подходы к выбору расстояний между пунктами и мест заложения ПВХ, методика полевых работ и обработки результатов наблюдений подробно изложены в работе [2]. Поэтому ниже излагаются только основные элементы методики исследований, необходимые для понимания и оценки качества полученных результатов. Методика абсолютной магнитной съемки территории Украины базируется на проведении полевых компонентных геомагнитных измерений (измеряются компоненты D, I и T) в ПВХ с дальнейшими расчетами всех остальных элементов МПЗ [1] и увязки их с данными обсерваторий. Обязательными составляющими полевых работ являются:

- выбор места заложения, закладка, привязка к местности и определение

пространственных координат ПВХ;

- астрономические наблюдения с целью определения положения географического меридиана в каждом ПВХ;

- проведение компонентных (D, I, T) измерений с обязательной регистрацией вариаций МПЗ в ПВХ.

Измерения магнитного склонения и магнитного наклонения выполнены деклинометром-инклинометром ЛЭМИ-203 [3] (ЛЭМИ – лаборатория электромагнитных исследований), а модуля полного вектора магнитной индукции – протонным магнитометром МИНИМАГ. В зависимости от уровня помех, в каждом ПВХ производилось 30–50 измерений компонент D, I и T. Вариации магнитного поля Земли регистрировались магнитовариационной станцией (МВС) ЛЭМИ-018 [3]. Синхронизация наблюдений протонным магнитометром и МВС, определение пространственных координат

в ПВХ осуществлялись при помощи приемников GPS “GARMIN”. Измерения азимутальных мер выполнялись теодолитами ЗТ2КП и УТ2М.

Перед началом полевых работ все измерительные приборы, которые использовались для проведения наблюдений на сети ПВХ, были откалиброваны в ГО “Бельск” (Польша) и “Нурмиярви” (Финляндия). Эти ГО включены в международную сеть геомагнитных наблюдений “Интермагнет”. Используя данные магнитовариационных наблюдений, результаты измерений приводились к единому времени регистрации, в них вводились поправки за вариации и после статистической обработки выполнялся расчет компонент МПЗ. Применение вышеизложенной методики полевых исследований и современной цифровой аппаратуры, откалиброванной в ГО сети “Интермагнет”, обеспечило высокую точность наблюдений. Среднеквадратические отклонения для приведенных к середине 2010 года компонент МПЗ в ПВХ составили: X – 1,7 нТл, Y – 2,3 нТл, Z – 2,5 нТл, H – 1,7 нТл, T – 1,7 нТл, D – 31°, I – 7°.

Для приведения наблюдений на сети ПВХ в Украине к эпохе 2010 г. использовались данные долгосрочных непрерывных наблюдений в ГО “Киев” (Дымер, Украина) и “Бельск” (Польша). Абсолютные компонентные геомагнитные наблюдения второго цикла проведены в 52-х ПВХ опорной геомагнитной сети, восстановленной в 2005–2007 гг. В пяти новых ПВХ, заложенных для оптимизации сети в 2010 году, выполнен первый цикл абсолютных измерений

Результаты абсолютных компонентных гео-

магнитных наблюдений второго цикла приведены в каталоге ПВХ геомагнитного поля территории Украины (таблица). Каталог является информационной основой для построения карт элементов геомагнитного поля Украины для эпохи 2010 г. С учетом данных первого цикла наблюдений на опорной сети ПВХ [2] для всех компонент полного вектора магнитной индукции построены карты векового хода за период между 2005 и 2010 гг. (рис. 2–5).

Выводы. Возобновление исследований на опорной геомагнитной сети ПВХ вывело Украину на европейский уровень в области магнитометрии. Построена “Карта магнитного склонения Украины” [2], которая была использована при составлении “Карты магнитного склонения Европы” [4], изданной в 2011 г. под эгидой Комиссии геологических карт мира (СССК-CGMW) и Международной европейской инициативы MagNetE. Приведенные в каталоге данные позволяют строить карты магнитного склонения и наклонения Украины на эпоху 2010 года, необходимые для навигации и картографии. Завершение наблюдений второго цикла позволило впервые после 40-летнего перерыва получить значения векового хода компонент МПЗ и оценить их пространственно-временную структуру для территории Украины.

В соответствии с рекомендациями Международной ассоциации по геомагнетизму и аэронавигации (МАГА) повторные наблюдения на опорных сетях ПВХ необходимо выполнять каждые 2 года, но не реже одного раза в 5 лет. Это необходимо для решения фундаментальных задач геологии и метро-

Таблиця. Каталог ПВХ геомагнітного поля території України для епохи 2010 года

№ п/п	Название пункта	Координаты пункта		Компоненты геомагнитного поля по результатам абсолютных измерений						
		Широта	Довгота	X, нТл	Y, нТл	Z, нТл	T, нТл	H, нТл	D, градус	I, градус
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Балаклея	49° 36' 10.9"	36° 50' 00"	20439	2999	46557	50933	20656	8,348111	66,075073
2	Баштанка	47° 30' 34.8"	32° 06' 23.6"	20967	2421	44851	49569	21106	6,586932	64,799702
3	Бердичев	50° 03' 55.5"	28° 35' 24.1"	19782	1949	45810	49936	19877	5,621814	66,544574
4	Берегово	48° 14' 03"	22° 38' 51"	20584	1722	44357	48931	20656	4,780778	65,013688
5	Берегомет	48° 11' 50"	25° 22' 39.6"	20702	1797	44680	49277	20781	4,970476	65,055025
6	Белая Церковь	49° 49' 09.8"	29° 46' 24.7"	19819	2362	45779	49941	19959	6,792497	66,444678
7	Бориня (Турка)	49° 03' 18"	23° 03' 30.7"	20349	1841	44699	49149	20434	5,180398	65,431317
8	Верхнеднепровск	48° 31' 21"	34° 25' 15.6"	20367	2455	45727	50118	20515	6,872343	65,837386
9	Волноваха	47° 37' 35.5"	37° 37' 18.1"	20592	2635	46183	50634	20759	7,292598	65,797227
10	Гадяч	50° 28' 34.8"	33° 59' 06.5"	19225	2458	46632	50500	19382	7,286149	67,431044
11	Голубой Залив	44° 25' 17.8"	33° 58' 56"	22677	2389	43155	48808	22803	6,007638	62,148794
12	Горохов	50° 34' 48.5"	24° 31' 20.3"	19521	1612	45897	49903	19588	4,719301	66,871450
13	Гуляйполе	47° 46' 38.5"	36° 08' 45.9"	20750	2971	45765	50337	20960	8,151226	65,391961
14	Делятин	48° 32' 56.3"	24° 38' 01.7"	20568	1910	44754	49293	20657	5,311862	65,221747
15	Дзержинск	48° 23' 56.6"	37° 45' 51.8"	20488	2641	45730	50179	20656	7,344947	65,691612
16	Диканька	49° 50' 22.5"	34° 37' 28.6"	19704	2451	46309	50385	19855	7,088393	66,794117
17	Дымер	50° 48' 22"	30° 16' 25.5"	19230	2282	46477	50350	19365	6,766110	67,380367
18	Жашков	49° 07' 04.6"	30° 00' 53.3"	19750	2090	44928	49120	19860	6,037891	66,154767
19	Завадов	50° 03' 51.5"	23° 23' 24"	19779	1920	45534	49681	19872	5,543643	66,404849
20	о. Змеиный	45° 15' 23.8"	30° 12' 01.1"	22425	2173	43436	48933	22530	5,545036	62,582185
21	Кальна (Долина)	48° 57' 11"	23° 48' 51.3"	20427	1919	44817	49291	20518	5,372308	65,400187
22	Каменец-Подольский	48° 34' 38.7"	26° 36' 22"	20481	2177	45005	49495	20597	6,066903	65,396930
23	Канев	49° 44' 19"	31° 23' 11.1"	19691	2010	45608	49718	19794	5,829699	66,538568
24	Керчь	45° 14' 34.3"	36° 02' 33.9"	22260	2409	43889	49270	22390	6,179335	62,971392
25	Киверцы	50° 58' 13.5"	25° 31' 58.6"	19016	1975	46063	49873	19118	5,927650	67,442018
26	Кировоград	48° 33' 50.3"	32° 01' 10.1"	20215	2367	45203	49575	20354	6,678566	65,759179
27	Ковель	51° 26' 55.7"	24° 45' 29"	18822	1698	45967	49701	18898	5,155492	67,634048
28	Кодыма	48° 03' 49"	29° 04' 29.3"	20562	1746	45276	49758	20636	4,853948	65,486277
29	Кременец	50° 02' 55.1"	25° 50' 25.3"	19754	1937	45368	49518	19848	5,595082	66,373069
30	Курортное	45° 54' 15"	30° 16' 04.8"	22122	2213	44019	49314	22232	5,712333	63,203523
31	Луганск	48° 33' 31.1"	39° 41' 46.7"	20224	2807	46543	50824	20415	7,901639	66,316761
32	Любомль	51° 16' 00"	24° 00' 28"	18750	1598	45819	49534	18818	4,871405	67,654728
33	Меджибож	49° 28' 30.7"	27° 25' 14.6"	19754	2076	44980	49172	19864	6,005239	66,174020
34	Немиров	49° 00' 26.9"	28° 39' 59.5"	20037	2330	44840	49169	20172	6,632246	65,767759
35	Нижнее Селище	48° 11' 51.3"	23° 27' 21.4"	20737	1764	44217	48869	20813	4,858967	64,777922
36	Нижние Серогозы	46° 50' 09"	34° 24' 40.3"	21318	2211	44713	49585	21432	5,928143	64,388816
37	Никополь	47° 43' 11.4"	34° 21' 18.5"	20828	2091	44994	49625	20933	5,732883	65,050486
38	Овруч	51° 05' 55"	28° 42' 42.3"	18923	2010	45807	49602	19029	6,064608	67,441934
39	Окуневка	45° 21' 51.6"	32° 45' 02.7"	22097	2243	43621	48950	22210	5,791938	63,016809
40	Орелька	48° 57' 20.6"	35° 47' 39.5"	19933	2581	46083	50275	20098	7,375600	66,437605
41	Орловка	46° 39' 37.6"	36° 06' 19.5"	21506	2567	45064	49998	21658	6,812911	64,330045
42	Первомайск	48° 02' 28.9"	30° 44' 47.9"	20621	1798	44806	49356	20699	4,981574	65,204295
43	Прилуки	50° 35' 19"	32° 08' 47"	19246	2498	46337	50237	19407	7,395329	67,274725
44	Рени	45° 20' 16.8"	28° 26' 28.4"	22314	2102	43206	48673	22413	5,382136	62,582086
45	Рогатин	49° 27' 16"	24° 35' 20.5"	20117	1771	45355	49650	20196	5,044186	65,995350
46	Сарны	51° 14' 12.4"	26° 45' 32.5"	18957	2183	46322	50100	19083	6,567781	67,593559
47	Старобельск	49° 07' 05.7"	38° 52' 02.9"	20212	2796	46790	51045	20403	7,876660	66,441263
48	Степановка	46° 46' 36.9"	30° 54' 00.4"	21243	1498	44394	49237	21296	4,032402	64,372783
49	Сумы	51° 00' 00.5"	35° 06' 04.1"	19034	2993	46598	50424	19266	8,933051	67,538444
50	Урзуф	46° 53' 09.9"	37° 03' 37.7"	21331	2538	44703	49597	21481	6,791183	64,333274
51	Херсон	46° 46' 35.6"	33° 06' 56.5"	21325	2246	44657	49539	21443	6,019027	64,349798
52	Черкасы	49° 24' 20.6"	32° 40' 11.5"	19924	2462	45630	49850	20074	7,044031	66,253762
53	Чернигов	51° 30' 44"	31° 26' 33.5"	18553	1992	46935	50508	18661	6,122554	68,318760
54	Чертков	48° 59' 58"	25° 55' 37.5"	20416	1882	45185	49621	20504	5,276749	65,591532
55	Шепетовка	49° 56' 17.7"	27° 14' 49.7"	20001	1907	45430	49676	20093	5,447984	66,124625
56	Шостка	51° 48' 10"	33° 24' 07"	18651	2944	46971	50624	18881	8,967031	68,102451
57	Ястробовка	45° 30' 58.7"	34° 07' 36.7"	22075	2361	43831	49132	22201	6,101560	63,137397

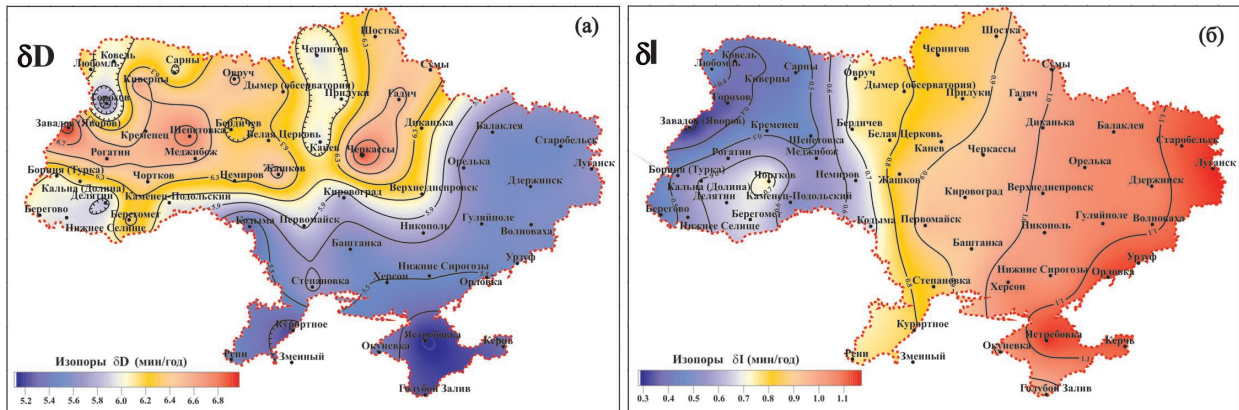


Рис. 2. Карти векового хода магнитного склонения (а) и магнитного наклонения (б) МПЗ на території України за період 2005–2010 гг.

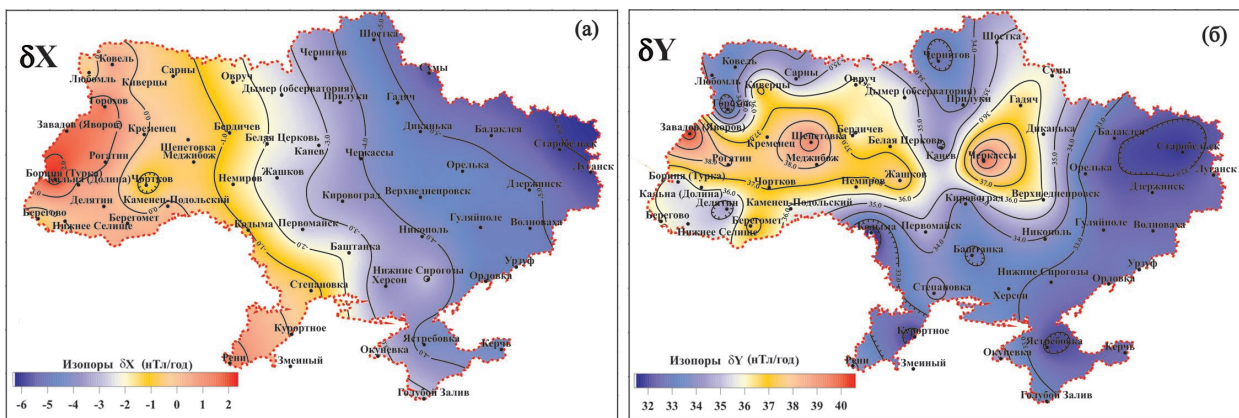


Рис. 3. Карти векового хода северной (а) и восточной (б) составляющих МПЗ на территории Украины за период 2005–2010 гг.

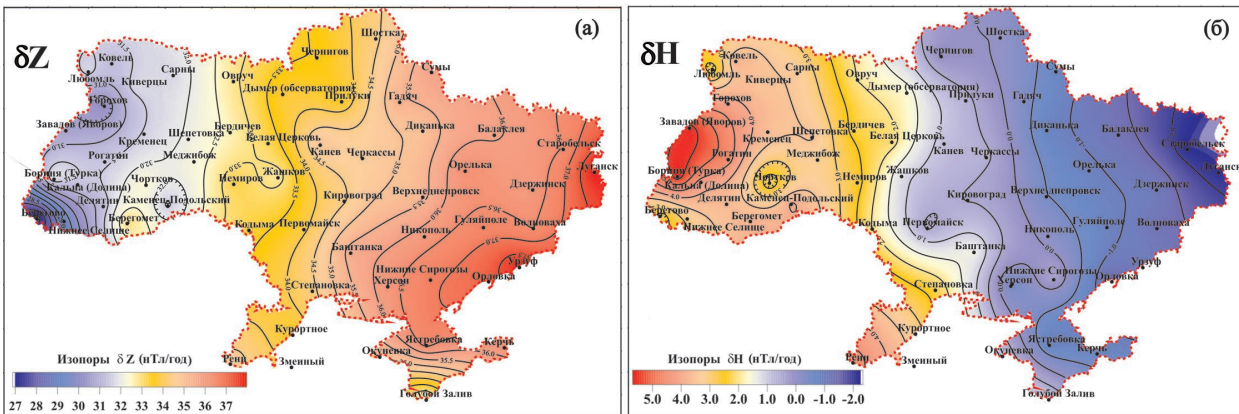


Рис. 4. Карти векового хода вертикальной (а) и горизонтальной (б) составляющих МПЗ на территории Украины за период 2005–2010 гг.

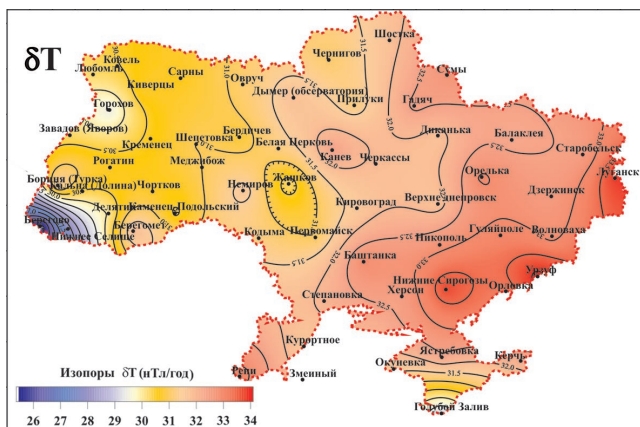


Рис. 5. Карта векового хода модуля полного вектора МПЗ на территории Украины за период 2005–2010 гг.

логічного забезпечення високоточних магнітних зйомок різних масштабів в Україні.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магниторазведка. Справочник геофизика/Под редакцией В. Е. Никитского и Ю. С. Плевовского. Москва: Недра, 1990. 470 с.
2. Максимчук В. Ю., Орлюк М. І., Трегубенко В. І., Городиський Ю. М., Мясоєдов В. П., Накалов Є. Ф. Наземна абсолютна магнітна зйомка на опорній мережі пунктів вікового ходу в Україні для епохи 2005

року//Геофиз. журн. 2010. 32. № 5. С. 102–116.

3. 50 років Українському державному геологорозвідувальному інституту (1957–2007 рр.). Ювілейний довідник. Відповідальний редактор С. В. Гошовський. Київ: УкрДГРІ, 2007. С. 66–69.

4. Commission for the Geological Map of the World. Map of Magnetic Declination in Europe (2006) http://ccgm.free.fr/MagNetEurope_UK_b.html

Рукопис отримано 26.06.2013.