

УДК 550.382

М.И. ОРЛЮК, А.В. МАРЧЕНКО, И.Н. ИВАЩЕНКО

Отдел геомагнетизма, Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, пр. Палладина 32, Киев, Украина, 03680, orlyuk@igph.kiev.ua

РАСЧЕТ КОМПОНЕНТ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРИМЕРЕ ОДЕССКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Расчет компонент магнитного поля Земли представляется весьма важной задачей, решение которой позволит извлечь дополнительную информацию из существующих в настоящее время экспериментальных геомагнитных данных. В связи с трудоемкостью измерений силовых и угловых компонент геомагнитного поля экспериментальные данные имеются в ограниченном количестве. В частности для территории Украины, на эпоху 2010 г. имеется 67 пунктов векового хода, которые, как правило, расположены в местах со спокойным характером геомагнитного поля. Поэтому весьма важным является пространственно-временное “распространение” полученных данных на участки со сложным характером геомагнитного поля путем разработки трехмерных моделей земной коры и расчета от них вектора аномального магнитного поля. **Цель.** Целью данной работы является разработка алгоритма и расчет силовых (B_x, B_y, B_z) и угловых (D, J) компонент вектора индукции магнитного поля Земли B . **Методика.** Внутреннее магнитное поле Земли является векторной суммой поля ядра (главного магнитного поля) B_0 и аномального магнитного поля ΔB_a . Составляющие нормального магнитного поля Земли $B_0, B_{0x}, B_{0y}, B_{0z}$ рассчитываются по модели IGRF с использованием данных обсерваторских, наземных и спутниковых наблюдений на определенную эпоху. Для аномального магнитного поля имеются только значения аномалий модуля индукции ΔB_a . Для исследуемой территории, учитывая сложный характер аномального магнитного поля, для расчета компонент поля за основу было взято поле от 3D модели Одесской аномалии. С использованием вышеперечисленных данных и разработанного программно-алгоритмического комплекса, рассчитываются все компоненты вектора B . **Результаты.** Рассчитаны силовые и угловые компоненты вектора индукции магнитного поля Земли B территории Одесской РМА, а также их динамика за 62 года (1950–2012 гг.). **Научная новизна.** Впервые разработан алгоритм и программно-алгоритмическое обеспечение расчета силовых и угловых компонент геомагнитного поля и получены их значения для территории Одесской аномалии. **Практическая значимость.** Использование разработанной методики позволяет рассчитать полные значения компонент индукции магнитного поля Земли B , их динамику за определенный период времени, а также оценить вклад коровых источников в величину компонент наблюдаемого магнитного поля.

Ключевые слова: компоненты вектора индукции геомагнитного поля; Одесская магнитная аномалия; трехмерная магнитная модель; программно-алгоритмическое обеспечение; внутреннее магнитное поле Земли.

Введение

Решение ряда задач магнитологии, геофизики и навигации требует знания не только модуля индукции магнитного поля Земли B , но и полных значений его северной B_x , восточной B_y , горизонтальной B_H и вертикальной B_z компонент, а также углов его склонения D и наклона J [Mandea, Purucker, 2005; Olsen et al., 2009; Старостенко и др., 2009, 2013; Orlyuk et al., 2010; Duma et al., 2012; Блох, 2012]. Все параметры геомагнитного поля измеряются только на магнитных обсерваториях (практически непрерывно), на пунктах векового хода (по редкой сети и с интервалом до 5 лет), а также в ряде случаев со спутников [Maksymchuk et al., 2012; Purucker, 2011; Максимчук и др., 2013]. Естественной представляется, поэтому, необходимость расчета компонент магнитного поля Земли, как для сравнения с измеренными значениями, так и для распространения на области отсутствия измерений.

Методика

Внутреннее магнитное поле Земли является векторной суммой поля ядра (главного магнитного поля) B_0 и аномального магнитного поля ΔB_a .

В практике магнитометрических работ в настоящее время измеряется модуль вектора индукции магнитного поля Земли B (раньше замерялись также аномалии его вертикальной составляющей B_z):

$$B = \sqrt{(\Delta B_{ax} + B_{0x})^2 + (\Delta B_{ay} + B_{0y})^2 + (\Delta B_{az} + B_{0z})^2} \quad (1)$$

В дальнейшем с использованием этих данных строятся карты аномального магнитного поля, которые широко используются для решения многих геолого-геофизических задач. Соответственно, для решения поставленной задачи в нашем распоряжении имеются значения аномального и нормального магнитного полей. Составляющие нормального магнитного поля Земли $B_0, B_{0x}, B_{0y}, B_{0z}$, отражающие пространственно-временную глобальную его характеристику, рассчитываются по моделям IGRF, которые строятся с использованием данных обсерваторских, наземных и спутниковых наблюдений на определенную эпоху [Purucker, 2011]. В качестве аномального магнитного поля имеются только значения аномалий модуля индукции ΔB_a . Математическое обеспечение и программно-

алгоритмический комплекс, который позволяет рассчитывать вектор намагниченности источников магнитных аномалий для произвольного соотношения составляющих вектора ΔB_a , был разработан В.Н. Коваленко-Завойским и И.Н. Иващенко [Коваленко-Завойский, Иващенко, 2006]. Он был опробован при интерпретации региональной компоненты аномального магнитного поля [Орлюк и др., 2007, 2008]. В данном случае впервые предлагается их вычисление путем разработки магнитной модели среды, поле от которой ΔB_M соответствует аномальному магнитному полю ΔB_a . С учетом известных величин составляющих нормального магнитного поля Земли легко вычисляются соответствующие компоненты модельного поля ΔB_{Mx} , ΔB_{My} , ΔB_{Mz} , которые с некоторой погрешностью соответствуют составляющим ΔB_{ax} , ΔB_{ay} , ΔB_{az} , ΔB_a аномального поля.

Вычисление склонения D и наклонения J полного вектора B производится с использованием интерполированных в расчетные точки составляющих B_0 , B_{0x} , B_{0y} , B_{0z} нормального поля и полученных в результате решения прямой задачи составляющих ΔB_{Mx} , ΔB_{My} , ΔB_{Mz} , ΔB_M модельного (или ΔB_{ax} , ΔB_{ay} , ΔB_{az} , ΔB_a наблюдаемого) аномального поля. Составляющие полного вектора B определяются, как

$$B = B_0 + \Delta B_a, B_x = B_{0x} + \Delta B_{ax}, B_y = B_{0y} + \Delta B_{ay}$$

$$B_z = B_{0z} + \Delta B_{az}, B_H = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}. \quad (2)$$

Углы склонения D и наклонения J суммарного вектора магнитного поля Земли определяются выражением

$$D = \arccos (B_x / B_H),$$

$$J = \arcsin (B_z / B). \quad (3)$$

Результаты

Предложенная методика была опробована при расчете компонент магнитного поля на дневной поверхности на примере региональных магнитных аномалий [Орлюк и др., 2012]. В данной работе для района Одесской магнитной аномалии проведен расчет силовых компонент, а также углов склонения и наклонения вектора магнитного поля Земли, с учетом влияния коровых источников аномального магнитного поля.

Аномальное магнитное поле исследуемого района изменяется от -400 нТл в восточной части территории до 1200 нТл в ее центральной части. Наличие в структуре поля как длинноволновой его компоненты (от первых десятков до первых сотен километров), так и коротковолновой (от первых километров до первых десятков) свидетельствует о наличии магнитных источников в верхней и нижней части коры.

Учитывая сложный характер аномального магнитного поля территории, для расчета компонент была использована трехмерная магнитная модель земной коры территории Одесской

аномалии [Орлюк и др., 2008; Роменец, Орлюк, 2011; Орлюк, Марченко, 2011]. В выбранной модели отображены крупные локальные и региональные источники магнитных аномалий. Полученные расчетным путем величины намагниченности приповерхностных и глубинных источников не противоречат экспериментальным данным.

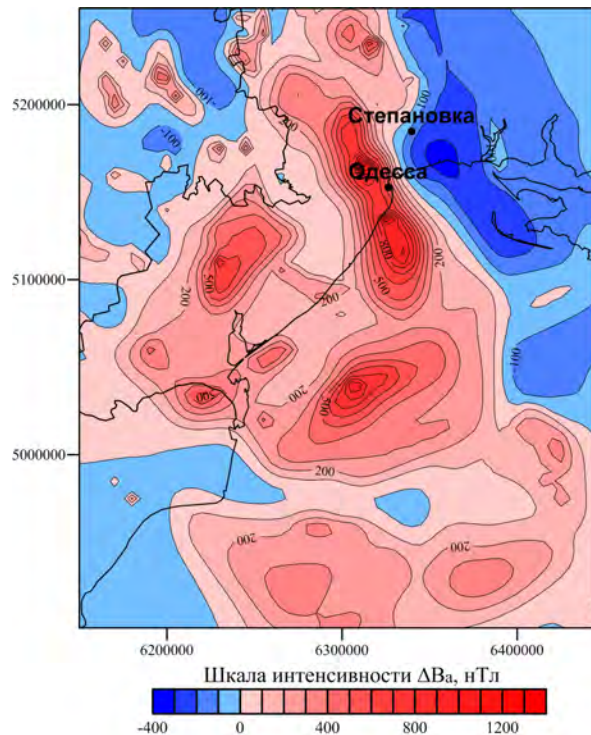


Рис. 1. Рассчитанное магнитное поле ΔB_M источников Одесской магнитной аномалии

Модель источников аномалий состоит из блоков с вертикальными и наклонными боковыми гранями, расположенными на глубинах от 1 до 7 км (источники локальных магнитных аномалий) и 7–40 км (источники региональной аномалии). Намагниченность блоков изменяется от 0,7 А/м для фонового тела до 3,5–4 А/м непосредственно для источников аномалии.

Для расчета силовых и угловых компонент геомагнитного поля и их динамики были построены карты модуля индукции B_0 нормального магнитного поля Земли IGRF и его B_{0x} , B_{0y} и B_{0z} составляющие на эпохи 1950 и 2012 годов, что дало возможность количественно оценить изменение аномального магнитного поля от модели за указанный период. Величина B_0 в пределах изучаемого региона изменяется с юго-запада на северо-восток от 46700 до 48000 нТл на 1950 г. и от 48300 до 49600 нТл для 2012 г. Изменение величины B_0 за указанный период составляет 1600 нТл.

С использованием величины модуля индукции B_0 нормального магнитного поля Земли IGRF, а также его компонент B_{0x} , B_{0y} и B_{0z} было рассчитано аномальное магнитное поле от модели на эпоху 1950 и 2012 гг. Было установлено, что за

счет изменения внешнего поля B_0 аномальное магнитное поле ΔB_m от модели за указанный период изменяется от минус 15 нТл до 70 нТл, достигая в максимумах интенсивных аномалий 75 нТл.

С учетом значений силовых и угловых характеристик нормального и аномального полей по формуле (2) были рассчитаны величины модуля индукции магнитного поля B и его составляющих B_x , B_y и B_z . Заметим при этом, что изменения вектора индукции аномального поля обуславливается нормальным полем Земли, которое выступает в роли внешнего «намагничивающего поля» относительно источников модели. Для 1950 г. в пределах изучаемого региона значение B изменяется в пределах от 46600 нТл. на юго-западе территории до 48800 нТл. в максимуме Одесской магнитной аномалии. Для 2012г. эти величины составляют соответственно 48200 и 50400 нТл (рис.2а). За указанный период величина модуля индукции изменилась от 1575 нТл на юго-востоке территории до 1700 нТл в максимуме Одесской магнитной аномалии (рис. 2,б).

Угловые компоненты модуля индукции магнитного поля Земли рассчитывались по формуле (3). Как видно из рисунка 3а угол склонения D изменяется от 4° в районе глубинных источников Одесской РМА до 7° в центральной части территории над магнитными источниками верхней части коры. Для оценки влияния коровых источников магнитных аномалий на величину склонения была рассчитана разница $D-D_0$. Эта величина изменяется в пределах от -2° до 1° и естественно, что характер ее распределения определяется характером аномального магнитного поля.

Угол наклоения J в пределах исследуемого региона изменяется от $61,4^\circ$ до $65,2^\circ$, увеличиваясь с юго-запада на северо-восток (рис. 3,б). Разница $J-J_0$ изменяется в пределах от $-0,4^\circ$ на юге территории до $0,95^\circ$ над максимумом Одесской аномалии, при этом пространственно распределяясь на поверхности в соответствии с магнитными аномалиями. Результаты расчета изменения склонения D и наклоения J вектора B для временного интервала с 1950 по 2012 г приведены на рисунках 3б и 3г соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о существенных изменениях компонент вектора индукции магнитного поля Земли. Естественно, что главные изменения обусловлены главным магнитным полем Земли, но и аномальная его часть вносит определенный вклад в суммарные значения. В частности за счет не очень интенсивной Одесской аномалии наблюдается аномалии магнитного склонения в пределах первых градусов, а наклоения – первых десятых градуса (см. табл. 1).

Научная новизна и практическая значимость

Впервые разработан алгоритм и программно-алгоритмическое обеспечение расчета силовых и угловых компонент геомагнитного поля и получены их значения для территории Одесской аномалии. Использование разработанной методики позволяет рассчитать полные значения компонент индукции магнитного поля Земли B , их динамику за определенный период времени, а также оценить вклад коровых источников в величину компонент наблюдаемого магнитного поля.

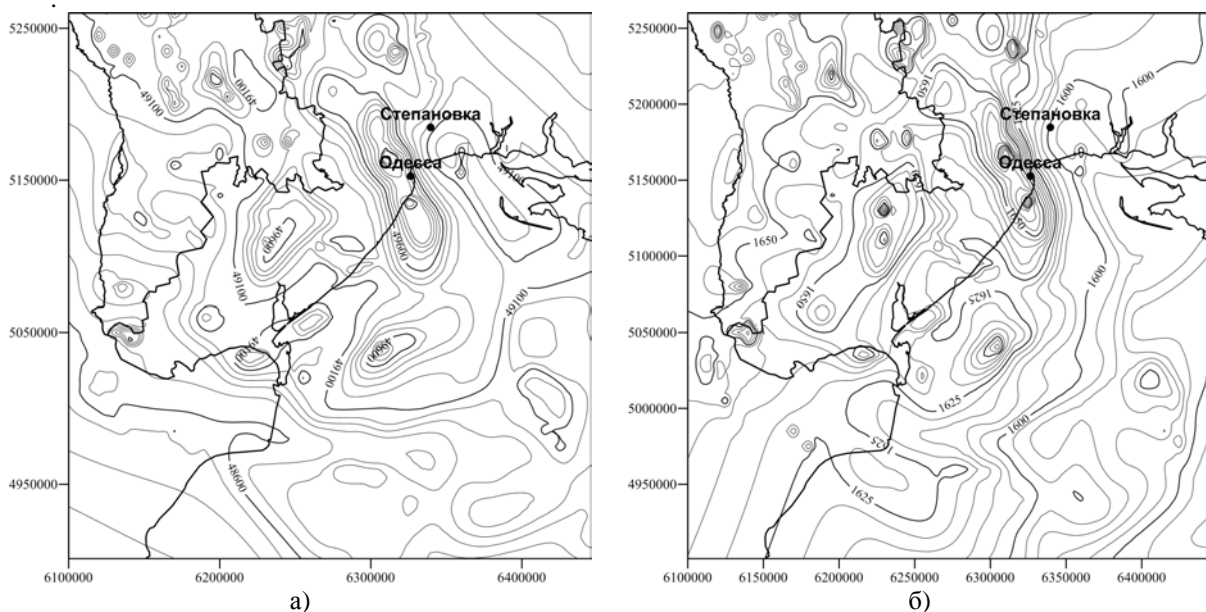


Рис. 2. Модуль вектора индукции B геомагнитного поля района Одесской магнитной аномалии на эпоху 2012 г (а) и его динамика за 62 года (1950–2012) (б)

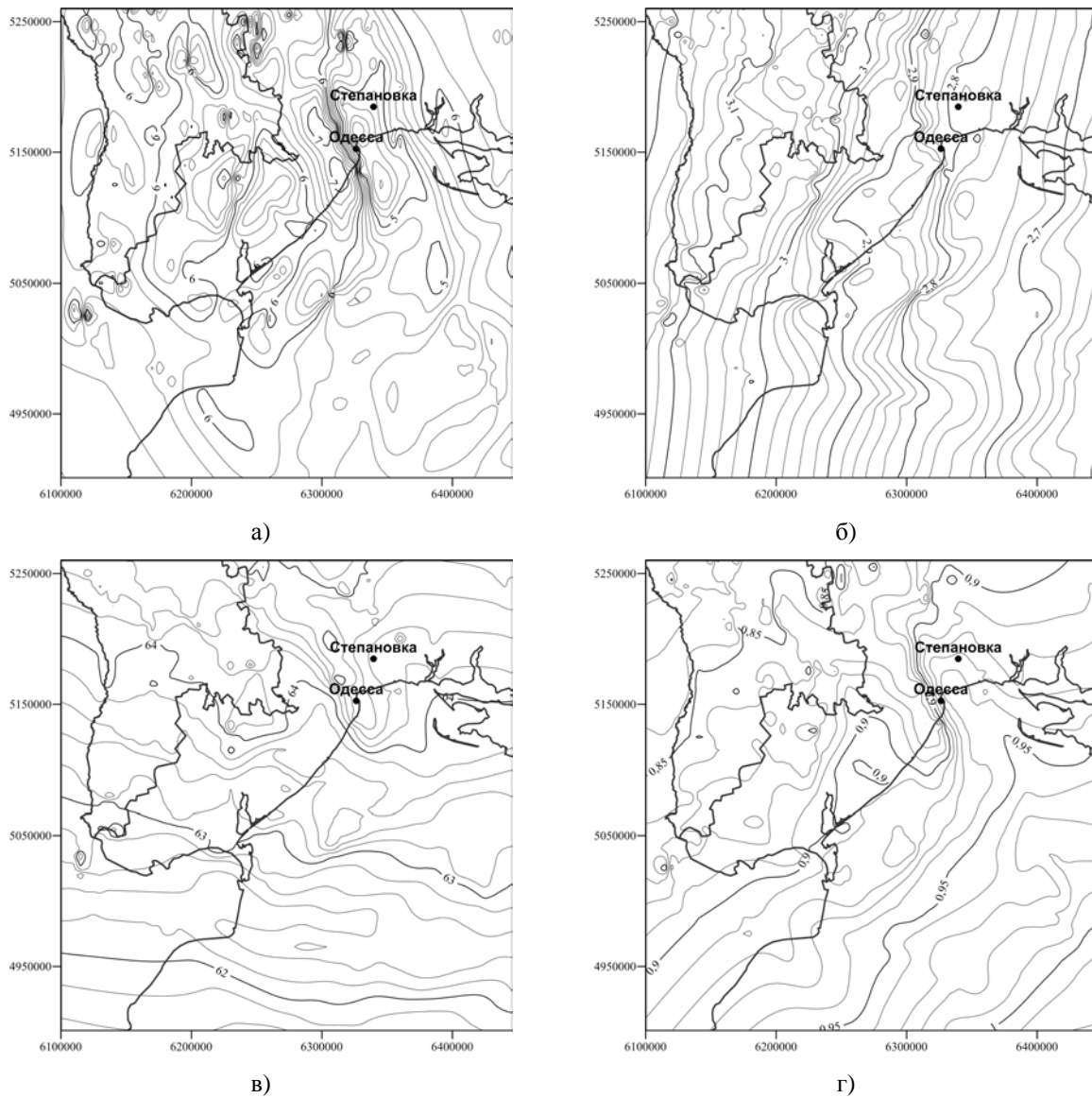


Рис. 3. Склонение D (а) и наклонение J (б) вектора индукции геомагнитного поля Земли B района Одесской магнитной аномалии и их динамика за 62 года (1950–2012) (б и г соответственно)

Таблица 1

Пределы изменения компонент вектора геомагнитного поля района Одесской магнитной аномалии

	B , нТл	B_x , нТл	B_y , нТл	B_z , нТл	D	J	$\Delta D(D-D_0)$	$\Delta J(J-J_0)$
1950	46600÷ 48800	20600÷ 23000	450÷ 1600	40600÷ 43600	1,2°÷ 4,2°	60,6°÷ 64,4°	-2,0°÷1,2°	-0,35°÷1,0°
2012	48200÷ 50400	20500÷ 22200	1500÷ 2700	42400÷ 45400	4°÷7°	61,4°÷ 65,2°	-2°÷1°	-0,4°÷0,95°

Заключение

Предложенная технология расчета компонент магнитного поля Земли, доведенная до практического использования, представляется весьма важной современной научной разработкой, позволяющей извлекать дополнительную информацию из существующих в настоящее время экспериментальных геомагнитных данных. В

связи с трудоемкостью измерений силовых и угловых компонент геомагнитного поля экспериментальные данные имеются в ограниченном количестве. В частности для территории Украины, на эпоху 2010 г имеется 67 пунктов векового хода, которые, как правило, расположены в местах со спокойным характером геомагнитного поля [Максимчук и др., 2013].

Поэтому весьма важным является пространственно-временное “распространение” полученных данных на участки со сложным характером геомагнитного поля путем разработки трехмерных моделей земной коры и расчета от них вектора аномального магнитного поля. Естественно, что точность расчета компонент геомагнитного поля будет зависеть от степени соответствия модельного и аномального полей. Рассмотренная технология позволяет

также рассчитывать от модели компоненты вектора аномального магнитного поля на аэро-, страто- и спутниковые высоты, что необходимо для увязки магнитных полей измеренных на соответствующих уровнях. Т.е. выполненные исследования позволяют не только оценить на количественном уровне вклад внутренних источников магнитного поля Земли на высоте полета спутников, а и рассчитать их силовые и угловые компоненты.

Литература

Блох Ю.И. Теоретические основы комплексной магниторазведки / Блох Ю.И. – М., 2012. – 160 с. Режим доступа:

<http://sigma3d.com/pdf/books/blokh-complex.pdf>

Коваленко-Завойський В.М., Иващенко І.М. Математичне забезпечення інтерпретації поля ΔV_a регіональних магнітних аномалій // Геофізичний журнал. – 2006. – Т. 28, №5. – С. 18–30.

Максимчук В.Ю., Орлюк М.І., Трегубенко В.І., Марченко Д.О., Накалов Є.Ф., Чоботок І.О. Результаты компонентных измерений магнитного поля на сети пунктов викового ходу 2005–2010 pp. // Геодинаміка. – 2013. – №2(15). – С. 219–222.

Орлюк М.И., Коваленко-Завойський В.Н., Иващенко І.Н., Марченко А.В., Математическое и программно-алгоритмическое представления и интерпретации региональных магнитных аномалий с учетом сферичности Земли // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 35-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского (29 января – 3 февраля 2008 г., Ухта). – Сыктывкар, 2008. – С. 231–234.

Орлюк М.И., Марченко А.В., Иващенко І.Н. К вопросу о расчете полных значений вектора индукции магнитного поля Земли В. Материалы Второй международной конференции “Актуальные проблемы электромагнитных зондирующих систем”. 1–4 октября 2012г. Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев. Conference CD-ROM Proceedings. – С.67–69.

Орлюк М.І., Марченко А.В. Розробка 3D магнітної моделі земної кори Східно-Європейського кратону з врахуванням сферичності Землі// Геодинаміка. – 2011. – №2(11). – С. 224–227.

Роменец А.О., Орлюк М.И. Трехмерная магнитная модель земной коры северо-западной части шельфа Черного моря// Xth International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects. 10–13 May 2011, Kiev, Ukraine. Paper 080. Conference CD-ROM Proceedings.4 pages.

Старостенко В.И., Шуман В.Н., Иващенко І.Н., Легостаева О.В., Савченко А.С., Скриник О.Я. Магнитные поля трехмерных анизотропных тел: теория и практика вычислений // Физика Земли. – 2009. – №8. – С. 20–30.

Старостенко В.И., Шуман В.Н., Пашкевич И.К., Легостаева О.В., Савченко А.С. Методы восстановления гармонических функций по магнитному полю ΔT и функция В.Н.Страхова ΔS : обзор // Физика Земли. – 2013. – №1. – С. 151–160.

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.ccg.m.org–2012. – 1Sh.

Manda M. and Purucker M. Observing, modeling, and interpreting magnetic fields of the solid Earth. *Surveys in Geophysics*, Vol. 26, No. 4. (July 2005), pp. 415–459, doi:10.1007/s10712-005-3857-x.

Olsen N, Hulot G, Sabaca T.J. *Treatise on Geophysics. Volume 5. Geomagnetism. The present Field*. Volume editors: Masaru Kono. Publisher at Elsevier., 2009.

Orlyuk M., Romenets A., Sumaruk Yu., Sumaruk T. Space-temporal structure of the magnetic field in territory of Ukraine// *Geophysical Journal*. – 2010. – t.32, № 4. – pp. 126–127.

Purucker M. Planetary magnetic fields of the solar system//2011. – Available at: <http://planetary-mag.net/index.html/>

Valentyn Maksymchuk, Mykhailo Orlyuk, Viktor Tregybenko, Yuriy Horodyskyu, Dmytro Marchenko. Ukrainian geomagnetic repeat station on work and results of the field work reduced to the epoch 2005.5//*ANNALS OF GEOPHYSICS*, 55, 6, 2012; doi: 10.4401/ag-5406. pp. 1161–1165. Available at: <http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/5406/6196>.

М.І. ОРЛЮК, А.В. МАРЧЕНКО, І.М. ІВАЩЕНКО

Відділ геомагнетизму, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, пр. Палладіна 32, Київ, Україна, 03680, orlyuk@ighh.kiev.ua

РОЗРАХУНОК КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА ІНДУКЦІЇ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ РАЙОНУ ОДЕСЬКОЇ МАГНІТНОЇ АНОМАЛІЇ

Розрахунок компонент магнітного поля Землі є доволі важливою задачею, розв'язання якої дозволить отримати додаткову інформацію з існуючих нині експериментальних геомагнітних даних. У зв'язку зі складністю вимірів силових і кутових компонент геомагнітного поля експериментальні дані є в обмеженій кількості. Зокрема для території України, на епоху 2010 р. нараховується 67 пунктів вікового ходу, які зазвичай розташовані в місцях зі спокійним характером геомагнітного поля. Тому дуже важливим є просторово-часова інтерполяція отриманих даних на ділянки зі складним характером геомагнітного поля шляхом розробки тривимірних моделей земної кори і розрахунку від них вектора аномального магнітного поля. **Мета.** Метою роботи є розробка алгоритму і розрахунок силових (V_x , V_y , V_z) і кутових (D , J) компонент модуля індукції магнітного поля Землі B . **Методика.** Внутрішнє магнітне поле Землі є векторної сумою поля ядра (головного магнітного поля) B_0 і аномального магнітного поля ΔB_a . Складові нормального магнітного поля Землі B_0 , B_{0x} , B_{0y} , B_{0z} розраховуються за даними обсерваторних, наземних і супутникових спостережень на певну епоху. Для аномального магнітного поля є тільки значення аномалій модуля індукції ΔB_a . Для досліджуваної території, враховуючи складний характер аномального магнітного поля, для розрахунку компонент поля за основу було взято поле від 3D моделі Одеської аномалії. З використанням перерахованих вище даних і розробленого програмно-алгоритмічного комплексу, розраховуються всі компоненти вектора B . **Результати.** Розраховані силові і кутові компоненти модуля індукції магнітного поля Землі B території Одеської РМА, а також їх динаміка за 62 роки (1950 – 2012 рр.). **Наукова новизна.** Вперше розроблено алгоритм та програмно-алгоритмічне забезпечення розрахунку силових і кутових компонент геомагнітного поля і отримані їх значення для території Одеської аномалії. **Практична значимість.** Використання розробленої методики дозволяє розрахувати повні значення компонент індукції магнітного поля Землі B , їх динаміку за певний період часу, а також оцінити внесок корових джерел в величину компонент спостереженого магнітного поля.

Ключові слова: компоненти вектора індукції геомагнітного поля, Одеська магнітна аномалія, тривимірна магнітна модель, програмно-алгоритмічне забезпечення; внутрішнє магнітне поле Землі.

M. ORLYUK, A. MARCHENKO, I. IVASHCHENKO

Department of geomagnetism, Institute of Geophysics. SI Subbotin NAS, etc. Palladin 32, Kyiv, Ukraine, 03680, orlyuk@ighh.kiev.ua

CALCULATING OF THE GEOMAGNETIC FIELD INDUCTION VECTOR COMPONENTS ON THE ODESSA MAGNETIC ANOMALY REGION

Calculation of Earth's magnetic field component is a very important task, which allows you to extract additional information from existing on the present moment the experimental magnetic data. In connection with complexity measurement power and angular components of the geomagnetic field experimental data available in limited quantities. In particular, for the territory of Ukraine for the epoch 2010 there are 67 points of the secular variation, which are usually located in areas with quiet geomagnetic field. Therefore it is very important to spatio-temporal interpolation of the data on areas of the complex nature of the geomagnetic field through the development of three-dimensional models of the crust and the calculation of these anomalous magnetic field vector. **Object.** The object of this work is to develop an algorithm and calculation of power (B_x , B_y , B_z) and angular (D , J) components of the Earth's magnetic field induction B scalar. **Methodology.** The internal Earth's magnetic field is the vector sum of the nucleus field (main magnetic field) B_0 and anomalous magnetic field ΔB_a . Normal components of the Earth's magnetic field B_0 , B_{0x} , B_{0y} , B_{0z} are calculated according to the observatory, ground and satellite observations data at a certain age. For the anomalous magnetic field only the anomalies induction ΔB_a module data is available. To calculate the components of the field for the studied area the field of Odessa anomaly 3D model was taken as a basis (considering the difficulty kind of anomaly field). All the components of B induction are calculated by usage of the above data, and program-developed algorithmic complex. **Results.** The power and angular components of the Earth's magnetic field induction module in the Odessa RMA and their dynamics in '62 (1950 -2012) are calculated. **Scientific innovation.** The algorithm and program-algorithmic software for the power and angular components calculating is firstly introduced; values of the Odessa anomaly components are received. **Practical importance.** The developed technique allows to calculate the full value of the Earth's magnetic field induction components, their per time dynamics, and to view the contribution of crust sources in quantity of the observed magnetic field components.

Keywords: geomagnetic field induction vector components, Odessa magnetic anomaly, three-dimensional magnetic model, Software.

REFERENCES

- Blokh Yu.I. *Teoreticheskie osnovy kompleksnoy magnitorazvedki* [Theoretical bases of complex magnetic survey]. Moscow: 2012g, 160 p. Available at: <http://sigma3d.com/pdf/books/blokh-complex.pdf>
- Kovalenko-Zavoys'kyy V.M., Ivashchenko I.M. *Matematychnye zabezpechennya interpretatsiyi polya ΔB_a rehional'nykh mahnitnykh anomaliiy* [Mathematical provision for interpretation of B_a field of regional magnetic anomalies]. *Heofizychnyy zhurnal- Geophysical Journal*, 2006, t.28., no.5, pp 18–30.
- Maksymchuk V.Yu., Orlyuk M.I., Trehubenko V.I., Marchenko D.O., Nakalov Ye.F., Chobotok I.O. Rezul'taty komponentnykh vymiryuvan' mahnitnoho polya na merezhi punktiv vikovoho khodu 2005-2010 y. [The results of measurements of the magnetic field component on a network of the points of secular path 2005–2010 y.]. *Heodynamika.-Geodynamics*, 2013, no.2(15), pp. 219–222.
- Orlyuk M.I., Kovalenko-Zavoyskiy V.N., Ivashchenko I.N., Marchenko A.V. *Matematicheskoe i programmno-algoritmicheskoe predstavleniya i interpretatsii regional'nykh magnitnykh anomaliiy s uchetom sferichnosti Zemli* [Mathematical and algorithmic software for the interpretation of regional magnetic anomalies based for spherical Earth]. *Materialy 35-y sessii Mezhdunarodnogo seminara im. D.G.Uspenskogo "Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley"*. Syktyvkar, 2008, pp. 231–234.
- Orlyuk M.I., Marchenko A.V., Ivashchenko I.N. *K voprosu o raschete polnykh znacheniy vektora induksii magnitnogo polya Zemli B* [Calculation of the total values of the magnetic field vector for Earth]. *Vtoraya mezhdunarodnoy konferentsii "Aktual'nye problemy elektromagnitnykh zondiruyushchikh sistem"*. Kiev, 1-4 oktyabrya 2012 g., Conference CD-ROM Proceedings, 3 pages.
- Orlyuk M.I., Marchenko A.V. *Rozrobka 3D mahnitnoyi modeli zemnoyi kory Skhidno-Yevropeys'koho kratonu z vrakhuvanniam sferychnosti Zemli* [Creation of 3D regional magnetic model of the East European Craton (EEC) for spherical Earth's]. *Heodynamika.-Geodynamics*, 2011, no.2(11), pp. 224–227.
- Romenets A.A., Orlyuk M.I. *Trekhmernaya magnitnaya model' zemnoy kory severo-zapadnoy chasti shel'fa Chernogo morya* [Three-dimensional magnetic model of the Earth's crust for northwest part of shelf of Black sea]. Xth International Conference on Geoinformatics. Theoretical and Applied Aspects. 10–13 May 2011, Kiev, Ukraine. Paper 080. Conference CD-ROM Proceedings, 4 pages.
- Starostenko V.I., Shuman V.N., Ivashchenko I.N., Legostaeva O.V., Savchenko A.S., Skrinik O.Ya. *Magnitnye polya trekhmernykh anizotropnykh tel: teoriya i praktika vychisleniy* [Magnetic field of three-dimensional anisotropic solids: theory and practice of calculations]. *Fizika Zemli*, 2009, no. 8, pp 20–30.
- Starostenko V.I., Shuman V.N., Pashkevich I.K., Legostaeva O.V., Savchenko A.S. *Metody vosstanovleniya harmonicheskikh funktsiy po magnitnomu polyu ΔT i funktsiya V.N.Strakhova ΔS : obzor* [Recovery methods of harmonic functions in the magnetic field ΔT and the function V.N.Strakhova ΔS : an overview]. *Fizika Zemli*. 2013, no.1, pp. 151–160.
- 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.ccgmm.org – 2012, 1Sh.
- Manda M. and Purucker M. Observing, modeling, and interpreting magnetic fields of the solid Earth. *Surveys in Geophysics*, Vol. 26, No. 4. (July 2005), pp. 415–459, doi:10.1007/s10712-005-3857-x
- Olsen N, Hulot G, Sabaca T.J. *Treatise on Geophysics. Volume 5. Geomagnetism. The present Field.* Volume editors: Masaru Kono. Publisher at Elsevier, 2009.
- Orlyuk M., Romenets A., Sumaruk Yu., Sumaruk T. Space-temporal structure of the magnetic field in territory of Ukraine. *Geophysical Journal*, 2010, t.32, no. 4, pp 126–127.
- Purucker M. Planetary magnetic fields of the solar system. 2011. Available at: <http://planetary-mag.net/index.html/>
- Valentyn Maksymchuk, Mykhailo Orlyuk, Viktor Tregybenko, Yuriy Horodyskiy, Dmytro Marchenko. Ukrainian geomagnetic repeat station on work and results of the field work reduced to the epoch 2005.5//*ANNALS OF GEOPHYSICS*, 55, 6, 2012; doi: 10.4401/ag-5406. pp. 1161–1165. Available at: <http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/5406/6196>

Надійшла 5.05.2014 р.