

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С. І. СУББОТІНА

**РОМЕНЕЦЬ АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 550.383:385

**ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ЗБУРЕНІСТЬ  
ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

04.00.22 – геофізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України

**Науковий керівник** доктор геологічних наук  
**Орлюк Михайло Іванович,**  
Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна  
НАН України,  
завідувач відділу геомагнетизму

**Офіційні опоненти:** доктор геологічних наук, професор  
**Довбніч Михайло Михайлович,**  
Національний гірничий університет,  
завідувач кафедри геофізичних методів розвідки

кандидат геолого-мінералогічних наук  
**Єнтін Володимир Аркадійович,**  
ЦГД ДП “Українська геологічна компанія”  
почесний розвідник надр,  
головний геофізик

Захист відбудеться “13” жовтня 2016 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01 при Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за адресою:

03680, м. Київ-142, пр-т Палладіна, 32

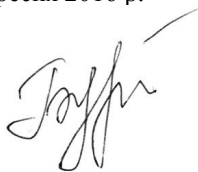
Факс: (044) 450-25-20

E-mail: rada-igph@igph.kiev.ua

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, пр-т Палладіна, 32 та на електронному ресурсі: <http://www.igph.kiev.ua>

Автореферат розісланий “ ” вересня 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
доктор геологічних наук



**Т. К. Бурахович**

Підписано до друку 15.07.2016 р. Формат 60 x 84/16.

Папір офсетний. Друк цифровий.

Обсяг 0,9 ум.-друк. арк. Наклад 110 прим. Зам. № П-2016-302

---

Надруковано у центрі оперативної поліграфії ФОП Кравченко Я.О.

03039, м. Київ, пр-кт. В. Лобановського, 119.

Тел. (044) 561-95-31, (067) 506-57-55, (050) 57-06-555.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність досліджень.** Магнітне поле Землі (МПЗ) є одним з визначальних геофізичних факторів, які впливають на процеси як в різних оболонках, так і на планету в цілому. Багато явищ в магнітосфері, іоносфері, атмосфері і біосфері зумовлюються станом магнітного поля та геомагнітною активністю, тому їх детальний аналіз є надзвичайно актуальною задачею.

Наочним прикладом часової збуреності геомагнітного поля є магнітні бурі ( $50 \div 300$  нТл і більше), які відбуваються на фоні сонячно-добових варіацій ( $10 \div 30$  нТл), а просторової – це інтенсивні аномалії ( $500 \div 10000$  нТл і більше) на фоні нормального магнітного поля Землі ( $20000 \div 70000$  нТл). Отже більший внесок у просторово-часову збуреність геомагнітного поля зумовлюється його внутрішніми джерелами.

Досі взаємозв'язок різних явищ та процесів з геомагнітним полем у вказаних оболонках здебільше досліджувався стосовно змінної його частини, зумовленої, насамперед, сонячною активністю та аномаліями вікового ходу. Тому актуальним завданням на цей час є створення цифрових масивів та розробка карт абсолютних значень геомагнітного поля (у даному випадку модуля індукції  $B$ ) на відповідні епохи, що є своєрідними базовими елементами як для оцінки його стану та просторово-часової збуреності, так і для дослідження кореляційних зв'язків з низкою процесів у біосфері.

Отже, робота присвячена розв'язанню цих питань, а саме: розробці цифрових карт модуля індукції геомагнітного поля, вивченню його просторово-часових змін, розробці нових критеріїв аналізу збуреності геомагнітного поля території України, а також деяких аспектів їх застосування.

### ***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.***

Робота виконувалася відповідно до наукових тем:

1. Моніторинг геофізичних полів з метою зниження ризиків від небезпечних природних явищ на території України (2007–2011 рр.).

Реєстраційний номер 0107U002195

2. Розробка детальних 3D гравітаційних, магнітних і тектонофізичних моделей верхньої частини земної кори у зв'язку з прогнозуванням корисних копалин і оцінкою екологічного стану навколишнього середовища (2008–2010 рр.).  
Реєстраційний номер 0108U000525.

3. Геофізичний моніторинг геодинамічних процесів на території України у зв'язку з вирішенням проблем екологічної та сейсмічної безпеки (2012–2016 рр.).

Реєстраційний номер 0112U003046

4. Просторово-часова структура магнітного поля Землі на її поверхні і в ближньому космосі (у зв'язку з сонячною активністю і порами року).

Реєстраційний номер 0112U003454

5. 3D геофізичні моделі структур верхньої частини земної кори перехідної зони від Східноєвропейської платформи до Чорноморської мегазападини у зв'язку з прогнозуванням корисних копалин та оцінкою екологічного стану навколишнього середовища (2011–2013 рр.).

Реєстраційний номер 0111U000233.

6. Літосферні та зовнішні джерела магнітного поля Землі України щодо геологічної еволюції земної кори, її рудо- та нафтогазоносності і екологічного стану навколишнього середовища (2013–2017 рр.).

Реєстраційний номер 0113U000343.

**Метою** роботи є оцінка просторово-часової збуреності геомагнітного поля території України.

**Основні завдання досліджень.** Відповідно до мети були поставлені такі:

1. Створити бази даних нормальної складової магнітного поля  $V_{IGRF}$  для земної кулі, величин модуля  $B$  для території України та оцінити просторовий розподіл і віковий хід геомагнітного поля на поверхні Землі з 1950 по 2010 рр.
2. Дослідити просторово-часову збуреність геомагнітного поля для території України.
3. Розглянути внесок магнітних неоднорідностей земної кори в сумарне поле та оцінити величину індукційного ефекту підмагнічення.
4. Провести аналіз екологічного аспекту геомагнітного поля та його збуреності.

**Об'єктом** дослідження є магнітне поле Землі.

**Предметом** дослідження є просторово-часова структура магнітного поля Землі.

**Методи дослідження:** Для вирішення поставлених завдань використовувалися математичні та статистичні методи інтерпретації з застосуванням сучасних технологій аналізу і представлення магнітного поля, а також наявні апріорні геолого-геофізичні дані.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Вперше розроблені карти модуля повного вектора магнітної індукції  $B$  для території України, її областей та АР Крим для часового інтервалу 1950–2010 рр.
2. Запропоновано новий критерій визначення просторово-часової збуреності МПЗ, а саме відношення аномалії модуля індукції геомагнітного поля до подвійної величини його нормальної компоненти  $\Delta D = \Delta B / 2V_{IGRF}$ .
3. Вперше запропоновано методику та оцінено величину індукційного ефекту підмагнічення за рахунок магнітних неоднорідностей земної кори.
4. Вперше розглянуто екологічний аспект геомагнітного поля, запропонована “екологічна норма” магнітного поля 45000 нТл, розрахована екологічна збуреність для планети та території України.

**Достовірність** отриманих результатів досліджень забезпечується застосуванням математично строгих методів аналізу; використанням достовірно встановлених закономірностей; математичного моделювання під час інтерпретації результатів спостережень; підтвердженням теоретичних положень результатами експерименту.

**Практичне значення одержаних результатів.**

Проведені розрахунки й отримані автором бази даних величин модуля магнітної індукції  $B$ , його нормальної компоненти  $V_{IGRF}$  і побудовані відповідні карти дають можливість більш детально вивчати віковий хід магнітного поля та

in hole and Ukrainian territory in particular is calculated. In accordance with the accepted standard the most of the territory of Ukraine is situated in magnetically favorable conditions. The deviations are observed only in areas of intense local magnetic anomalies (Krivoi Rog, Kremenchug, etc.), as well as in the northeast of the Kharkov region.

$\Delta D_{ecol}$  for 2000 year for the territory of Ukraine is characterized by positive values from 3246 D to 19017 D.

Using modular values of the geomagnetic field and of its disturbances a series of biospheric processes were for the first time qualitatively discussed in touch with them.

**Keywords:** geomagnetic field, disturbance, ecological standard.

Диссертационная работа посвящена изучению пространственно-временной структуры магнитного поля Земли и территории Украины, его возмущенности и разработке новых критериев оценки возмущенности и некоторых аспектов их использования.

Обработанные массивы данных охватывают период с 1950 по 2010 гг. Построена серия карт магнитного поля и его возмущенности. Впервые в истории геомагнитных исследований оценена возмущенность внутреннего магнитного поля планеты и на территории Украины на основании анализа модуля индукции геомагнитного поля  $B$  путем его нормирования к двойной величине нормального поля  $B_{IGRF}$  и условно принятой “экологической норме”. Предложенный критерий оценки возмущений геомагнитного поля позволил рассчитать величины индукционной составляющей (подмагничивания) в аномальном магнитном поле за счет изменения нормальной составляющей  $B_{IGRF}$ . С использованием модульных величин геомагнитного поля и его возмущенности впервые на количественном уровне рассмотрена связь с ними ряда биосферных процессов.

**Ключевые слова:** геомагнитное поле, возмущенность, экологическая норма.

## SUMMARY

**Romenets A. Spatio-temporal disturbance of the magnetic field on the territory of Ukraine.** – Manuscript.

Candidate's thesis of geological sciences, specialty 04.00.22 – Geophysics. – S. I. Subbotin Institute of Geophysics of Ukrainian NAS, Kyiv, 2016.

This thesis is devoted to investigate spatio-temporal magnetic field structure, spatio-temporal changes of geomagnetic field at the planet as well as at the territory of Ukraine and its disturbance, to create new criteria for disturbance estimation and some aspects of their use.

Worked data massifs cover the period from 1950 to 2010 year. A number of maps of magnetic field including its disturbance indices were created.

Developed maps of full vector module of magnetic induction  $B$  for the territory of Ukraine, its regions and AR Crimea covering temporal interval of 1950–2010 indicate that spatial changes of module value are in the limits of 46650÷57900 nT (1950) and 48100÷59150 nT (2010). Intensity  $B$  is increasing regionally from south-west to north-east and is peaking in the northeast of Kharkiv region.

A new criterion for determining the spatio-temporal magnetic field disturbance, namely the ratio of the induction module anomalies of the geomagnetic field to double value of its normal component  $\Delta D = \Delta B / 2B_{IGRF}$  was proposed. According to this criterion the spatio-temporal disturbance  $\Delta D_{1950}$  at the territory of Ukraine is changing from –1470 D to +11808 D, and  $\Delta D_{2000}$  – from –1436 D to +11546 D (с.у.).

For the first time the technique was proposed and the value of inductive (magnetizing) effect was estimated due to magnetic inhomogeneities of the Earth's crust. According to the estimations of magnetizing effect the value for anomalous magnetic field of the territory of Ukraine is in the limits of –17 nT and +188 nT.

On the basis of proposed “ecological standard” of the magnetic field (45000 nT) an ecological aspect is considered. Ecological disturbance of the magnetic field for the planet

оцінювати величину його збуреності, а також використовувати їх при міждисциплінарних дослідженнях.

Отримані результати застосовано при розробці карт магнітного схилення для потреб “Украероруху” та Міністерства оборони України.

**Особистий внесок здобувача** полягає в самостійному опрацюванні літературних джерел, виконанні дослідної частини роботи, здійсненні розрахунків та обробки отриманих результатів, формуванні баз даних та побудові карт [1,4,5,7,8,9,17], оцінці та аналізі просторово-часової збуреності геомагнітного поля [2,3,6,10,13,15,16], оцінці та розрахунку величини індукційного ефекту підмагничення [1,5,7], розрахунку екологічної збуреності геомагнітного поля [3,10-14,19]. Аналіз одержаних результатів досліджень та формулювання висновків здійснено спільно з науковим керівником. Автор брав активну участь у проведенні спостережень варіацій магнітного поля Землі на геомагнітній обсерваторії “Київ”, а також в розробці та впровадженні програмного забезпечення для трансляції та обробки даних.

### **Апробація результатів роботи.**

Основні положення і результати дисертації доповідались та пройшли апробацію на: Міжнародній конференції «100 лет Н.В.Пушкову» (Троїцьк, Росія, 2003); Міжнародній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики» (Київ, Україна, 2005); Всеукраїнській науковій конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища» (Київ, Україна, 2006); Українській конференції по космічним дослідженням (Сьваторія, Україна, 2006); Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» (Алушта, Україна, 2007); VIII Міжнародній конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища» (Київ, Україна, 2007); The 3<sup>rd</sup> anniversary Symposium GeObMag 2008 «Surlary national geomagnetic observatory “Liviu Constantinescu” 65 years of continental work» (Bucharest, Romania, 2008); IX Міжнародній науковій конференції «Моніторинг геологічних процесів» (Київ, Україна, 2009); X<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics «Theoretical and Applied Aspects» (Kiev, Ukraine, 2011); International Gamov Summer School «Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, cosmomicrophysics, radio-astronomy and astrobiology» (Odessa, Ukraine, 2011, 2012, 2013, 2014); X Конференції «Геоінформатика: теоретические и прикладные аспекты» (Київ, Україна, 2011); Першій київській міжнародній науковій конференції «Наукові і методологічні основи медичної геології» (Київ, Україна, 2013); Міжнародній конференції в рамках VII Всеукраїнського фестивалю науки (Київ, Україна, 2013); П'ятій міжнародній науковій конференції «Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища» (Львів, Україна, 2013); XIII<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics «Theoretical and Applied Aspects» (Kiev, Ukraine, 2014).

**Публікації.** Основні результати опубліковані у журналах та збірниках наукових праць, у тому числі 19 у фахових виданнях і 22 у матеріалах конференцій та тезах.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаної літератури, який налічує 165 найменувань. Робота

виконана на 139 сторінках машинописного тексту, містить 54 рисунки і 10 таблиць. Дисертація написана російською мовою.

Дисертація виконана в Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАНУ під керівництвом доктора геологічних наук М. І. Орлюка, якому здобувач щиро вдячний за постановку задачі, підтримку при виконанні роботи. Автор висловлює також щиро подяку всім співробітникам відділу геомагнетизму, де виконана робота.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальну характеристику роботи: розкрито суть наукової проблеми, обґрунтовано доцільність напряму досліджень та актуальність теми дисертації, сформульовано її мету, завдання та методи досліджень, зв'язок роботи з науковими темами, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, повноту їх висвітлення в публікаціях за темою дисертації.

### *Розділ 1. Загальна характеристика магнітного поля Землі.*

У розділі подана стисла інформація про найважливіші події з історії розвитку науки про магнітне поле [Гордин, 2004], характеристика магнітосфери Землі та деяких процесів, що там відбуваються.

Спостережене на поверхні Землі магнітне поле  $B$  є сумою декількох полів, що мають різні причини [Яновский, 1978]:

$$B = B_{IGRF} + B_a + B_z + \delta B_b,$$

де  $B_{IGRF}$  – нормальне (головне) поле Землі, що генерується процесами в рідкому ядрі та на границі з мантиєю і яке визначає глобальну просторову та часову структуру поля планети;  $B_a$  – аномальне магнітне поле (поле літосфери), зумовлене, в основному, намагніченістю порід;  $B_z$  – зовнішнє поле, зумовлене впливом сонячного та космічного випромінювання, магнітних полів Сонця та навколосемного простору;  $\delta B_b$  – поле варіацій.

Аномальне магнітне поле значно диференційоване і складається з регіональної та локальної компонент, які відрізняються поперечними розмірами аномалій та глибиною їх джерел.

Аналіз нормального геомагнітного поля та його компонент також свідчить про істотну просторову неоднорідність. У розділі надано характеристику нормального поля Землі ( $B_{IGRF}$ ) та його просторово-часові зміни у зв'язку з використанням у подальшому цієї компоненти при оцінці та прогнозі просторово-часової збуреності МПЗ.

Для вирішення поставлених в роботі завдань були побудовані цифрові карти  $B_{IGRF}$  для всієї земної кулі з використанням програмного забезпечення агентства NASA [DGRF-IGRF Geomagnetic Field Model 1945–2015].

З використанням розрахованих масивів даних побудовано карти компонент магнітного поля Землі для епох 1950, 2000, 2005, 2010, 2012 рр. Це дозволило простежити віковий хід поля за 62 роки і зробити висновки щодо зміни величини нормальної компоненти.

За період з 1950 р. по 2012 р. середнє значення  $B_{IGRF}$  на поверхні планети зменшилося на 1516 нТл (з 47300 нТл до 45784 нТл). На фоні загального зменшення

20. Geomagnetic field and acute respiratory diseases of people in Ukraine / M. Orlyuk, A. A. Romenets, A. Ph. Frolov // Наукові та методологічні основи медичної геології : Перша київська міжнар. наук. конф., 17 квіт. 2013 р. : матеріали конф. – К., 2013. – С. 18.

21. Geomagnetic maps of the region of the station “Academic Vernadsky”: geological and ecological aspects / M. I. Orlyuk, A. A. Romenets // Ukraine in Antarctica – National Priorities and Global Integration: International Antarctic Conference IAC2008, May 23–25. Ukraine, International Polar Year 2007/8 : Abstracts. – Kyiv, 2008. – P. 89.

22. Spatially-temporal distortion of the Earth’s magnetic field and acute respiratory diseases of people in Ukraine / M. I. Orlyuk, A. F. Frolov, A. O. Romenets, V. I. Zadorozhna // Surlary national geomagnetic observatory “Liviu Constantinescu” 65 years of continental work : The 3<sup>rd</sup> anniversary Symposium GeObMag, 16–18 October 2008 : Program and Abstract. – Bucharest, Romania, 2008. – P. 20.

## АНОТАЦІЯ

**Роменець А. О. Просторово-часова збуреність геомагнітного поля території України.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – Геофізика. – Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, Київ, 2016.

Дисертаційна робота присвячена вивченню просторово-часової структури магнітного поля Землі та території України, його збуреності, розробці нових критеріїв оцінки збуреності і деяких аспектів їх використання.

Оброблені масиви даних охоплюють період з 1950 року по 2010 рік. Побудована серія карт магнітного поля і його збуреності. Вперше в історії геомагнітних досліджень оцінена збуреність внутрішнього магнітного поля планети і території України на підставі аналізу модуля індукції геомагнітного поля  $B$  шляхом його нормування до подвійної величини нормального поля  $B_{IGRF}$  і умовно прийнятої “екологічної норми”. Запропонований критерій оцінки збурень геомагнітного поля дозволив розрахувати величини індукційної складової (підмагнічення) в аномальному магнітному полі за рахунок зміни нормальної складової  $B_{IGRF}$ .

З використанням модульних величин геомагнітного поля та його збуреності вперше на кількісному рівні розглянуто зв'язок з ними низки біосферних процесів.

**Ключові слова:** геомагнітне поле, збуреність, екологічна норма.

## АННОТАЦІЯ

**Роменець А. А. Пространственно-временная возмущенность геомагнитного поля территории Украины.** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – Геофизика. – Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, 2016.

космическим исследованиям, 3–10 сентяб. 2006г. : тезисы док. – Евпатория : НЦУИК, 2006. – С. 59.

10. Пространственно-временная структура геомагнитного поля в районе архипелага Аргентинские острова (станция “АВ”) / М. И. Орлюк, **А. А. Роменец** // Мониторинг геологических процессов : материалы IX Міжнар. наук. конф., 14–17 жовт. 2009 р. – К. : ВПЦ “Київський університет”, 2009. – С. 92–94.

11. Пространственно-временная структура магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе / М. И. Орлюк, **А. А. Роменец** // Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, cosmomicrophysics, radio-astronomy and astrobiology : 11-th International Gamov Summer School, 22–28 August 2011 : Program and abstracts. – Odessa, 2011. – P. 19.

12. Нові дані щодо просторово-часової структури геомагнитного поля в районі УАС “Академік Вернадський” / **А. О. Роменець**, М. І. Орлюк // Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища : матеріали наук. конф., 6–10 жовт. 2008 р. : тези доп. – Львів, 2008. – С. 30–31.

13. Пространственно-временная структура магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе / В. И. Старостенко, М. И. Орлюк, **А. А. Роменец**, Ю. П. Сумарук // 12-а українська конференція космічних досліджень, 3–7 верес. 2012 р. : тези доп. – Євпаторія : Інститут космічних досліджень, 2012. – С. 47.

14. Шлях розвитку спостережень на геомагнітній обсерваторії “Київ” / Ю. П. Сумарук, М. І. Орлюк, **А. О. Роменець** // 11<sup>th</sup> Ukrainian conference on space research, August 29 – September 2, 2011. – Yevpatoria : Research Institute NASU-NSAU, 2011. – P. 56.

15. Екологічні аспекти стану геомагнітного поля Землі та захворюваність на респіраторні інфекції / А. Ф. Фролов, М. І. Орлюк, В. І. Задорожна, **А. О. Роменець** // Довкілля і здоров’я : Всеукр. наук.-практ. конф., 24–25 квіт. 2009 р. : тези доп. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2009. – С. 122.

16. Geomagnetic observatories of the Ukraine: equipment, measurement practice and data interpretation / M. Orliuk, Y. Sumaruk, T. Sumaruk, **A. Romenets**, I. Melnychuk // The IAGA11th Scientific Assembly. – Sopron, Hungary, 2009. – Режим доступу : [iaga2009sopron.hu/iaga\\_abstracts](http://iaga2009sopron.hu/iaga_abstracts).

17. Dynamics of the Earth’s magnetic field of Ukraine / M. I. Orliuk, **A. O. Romenets**, T. P. Sumaruk // X<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics : Theoretical and Applied Aspects, 10–13 May 2011. – Kiev, 2011. – P. 86. (Conference CD-ROM Proceedings. 4 pages).

18. Magnetic field of the Earth: ecological aspect / M. I. Orliuk, **A. O. Romenets** // Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, cosmomicrophysics, radio-astronomy and astrobiology : 10-th International Gamov Summer School, 23–28 August : Program and abstracts. – Odessa, 2010. – P. 20.

19. Space-temporal characteristic of the magnetic field of the Ukraine / M. I. Orliuk, **A. O. Romenets**, Yu. P. Sumaruk, T. P. Sumaruk // 5th MagNetE Workshop on European geomagnetic repeat station survey 2009–2010, 9–11 May 2011 : Programe and abstract. – Rome, 2011. – P. 16–17.

магнітного поля планети виділяються області з екстремальними величинами його змін. Максимуми зменшення поля з 1950 р. по 2000 р. –5500÷–6500 нТл (–110÷–130 нТл/рік) розташовуються поблизу Атлантичного узбережжя Центральної Америки (18°пн.ш.; 65°з.д.), а також між Африкою і Антарктидою (50°пд.ш.; 10°сх.д.). Максимуми збільшення поля (до 2000 нТл) (+40 нТл/рік) характерні для Європи (60°пн.ш.; 30°сх.д.) і Індійського океану (30°пд.ш.; 80°сх.д.).

Окрім просторової неоднорідності геомагнітного поля за палеомагнітними, археомагнітними та інструментальними даними спостерігаються його суттєві часові зміни. Зокрема, 7000 років тому назад індукція геомагнітного поля відповідала сучасній її величині В, 6000 років – 0,5 В, 4000 – 1,0 В, 1000÷1500 – 1,4 В. За останні сто років магнітний момент Землі зменшився на 5% і продовжує зменшуватися досі [Бахмутов, 2006; Петрова и др., 2000].

Таким чином, просторово-часова структура геомагнітного поля перш за все визначається нормальною та аномальною складовими. Значення магнітної індукції В змінюються на поверхні Землі в межах 20000÷150000 нТл (1 нТл = 10<sup>-9</sup> Тл). Найбільші величини магнітної індукції властиві ряду локальних джерел Курської магнітної аномалії (150000 нТл).

## **Розділ 2. Методика побудови карт модуля В.**

Вирішення багатьох питань геології, геофізики, прогнозування корисних копалин і екології потребує розробки та побудови числових різномасштабних карт аномального геомагнітного поля  $\Delta V_a$ , його регіональної  $\Delta V_{a, \text{рег.}}$ , локальної  $\Delta V_{a, \text{лок.}}$  компонент, а також карт компоненти  $V_{IGRF}$ , модуля В та їх кількісної інтерпретації.

Відповідні карти розробляються за даними наземних або аеромагнітних зйомок за стандартною технологією. Для розробки кондиційної карти необхідно враховувати варіації зовнішнього магнітного поля Землі, які в даному випадку є завадами. Тому методика робіт передбачає:

а) синхронні спостереження модуля В у точках вимірювання і на магнітній обсерваторії. Цей прийом дозволяє виключити варіаційну складову магнітного поля  $\delta V$  і отримати для точок спостережень абсолютні значення модуля В на момент вимірювання  $V_{\text{абс.}} = V_{\text{вим.}} - \delta V$ .

б) аномальні значення поля визначаються виразом  $\Delta V_a = V_{\text{абс.}} - V_{IGRF}$ . Тут  $V_{IGRF}$  – значення нормальної компоненти міжнародного геомагнітного поля відносності в точці спостережень.

Для визначення величини варіації аномалій зовнішнього поля  $\delta V$  розраховується середньорічне значення модуля В по обсерваторії. Для виділення аномальної компоненти магнітного поля  $\Delta V_a$  проводиться розрахунок компоненти нормального магнітного поля Землі  $V_{IGRF}$  на відповідну епоху. Наступний етап – інтерполяція значень нормального поля  $V_{IGRF}$  в кожену точку початкового масиву даних індукції магнітного поля  $V_{\text{абс.}}$ . Для цього використовуються спеціально розроблені [Коваленко-Завойский и др., 2006] алгоритм і програма інтерполяції даних, заданих у вузлах мережі, в довільні точки всередині цієї мережі. Заключний етап – побудова карти аномального магнітного поля  $\Delta V_a$ . Надалі, якщо просумувати поле  $\Delta V_a$  з полем  $V_{IGRF}$  на відповідну епоху, то для довільної точки будь-якого часового інтервалу можна визначити величину модуля В (сума квазізмінної та

постійної компонент) і його горизонтального градієнта як просторово-часових характеристик “геомагнітного середовища”.

Безпосередньо для території України цифрові карти модуля  $B$  і  $V_{IGRF}$  побудовані з кроком  $5' \times 5'$ . Першим етапом був розрахунок і формування масиву даних поля  $V_{IGRF}$ . Значення  $V_{IGRF}$  розраховувалися в межах  $22^\circ \div 41^\circ$  з.д. і  $44^\circ \div 54^\circ$  пн.ш. (територія України знаходиться в цих межах) для певного часового інтервалу. Потім значення поля  $V_{IGRF}$  інтерполювалися в точки з відповідними координатами масиву даних поля  $\Delta B_a$  і підсумовувалися. Після побудови поле обрізалось по кордону України. Таким чином можна розрахувати та сформувати масив даних і побудувати карту модуля геомагнітного поля України на різні епохи.

### **Розділ 3. Характеристика магнітного поля території України.**

Знання про геомагнітне поле території України базуються на абсолютних магнітних зйомках повного вектора магнітного поля  $B$ , його горизонтальної  $H$  і вертикальної  $Z$  компонент та розрахунку їх аномальних величин.

#### **3.1 Магнітне поле за обсерваторськими спостереженнями.**

Вимірювання повного вектора магнітної індукції  $B$ , його північної  $B_x$ , східної  $B_y$  і вертикальної  $B_z$  компонент проводяться в геомагнітних обсерваторіях (ГО). На території України функціонують три ГО: “Київ”, “Львів” і “Одеса”, які обладнані сучасною апаратурою для високоточних вимірювань.

Відповідно до результатів спостережень і розрахунків приріст величини повного вектора індукції магнітного поля за період 1958–2008 рр. складає: для ГО “Київ” – 1223 нТл, для ГО “Одеса” – 1144 нТл, для ГО “Львів” – 1323 нТл. Середньорічний приріст має величини 24,5 нТл, 23,3 нТл і 26,5 нТл, відповідно.

Згідно з розрахунками для ГО “Київ” величина нормальної компоненти  $V_{IGRF}$  за період з 1958 по 2008 рр. має приріст 1256 нТл, для ГО “Одеса” – 1186 нТл, для ГО “Львів” – 1343 нТл. Середньорічний приріст  $V_{IGRF}$ , відповідно, має такі величини: для ГО “Київ” – 25,1 нТл, для ГО “Одеса” – 23,8 нТл, для ГО “Львів” – 26,8 нТл.

З використанням даних спостережень магнітних обсерваторій України за 50-річний інтервал часу детально розраховано та проаналізовано часові зміни компонент магнітного поля. Більша частина приросту зумовлена зростанням головного магнітного поля Землі.

#### **3.2 Аномальне магнітне поле $\Delta B_a$ .**

Наведено карту аномального магнітного поля території України та викладено її короткий опис (рис. 1а). Для території України наявна низка карт і опублікованих матеріалів [Макарова, 1977; Симоненко и др., 1990; Крутиховская и др., 1985; Нечаева, 1990; Нечаева та ін., 2002; Шимків та ін., 2001; Ентин, 2012] щодо аномального магнітного поля. В основу побудови для території України цифрових карт модуля  $B$  для різних епох покладено карту аномального магнітного поля території України м-бу 1:1000000 [Нечаева та ін., 2002; Ентин, 2012].

#### **3.3 Нормальне магнітне поле $V_{IGRF}$ .**

Детально розглянуто нормальне геомагнітне поле  $V_{IGRF}$  території України за 50 років. Значення компонент міжнародного геомагнітного поля  $V_{IGRF}$  для території

19. Orlyuk, M. Natural and technogenic components of megalopolis magnetic field / M. Orlyuk, **A. Romnets**, I. Orliuk // Геофизич. журн. – 2016. – Т. 38, № 1. – С. 78–86.

#### *Матеріали конференцій, тези:*

1. Возмущенность магнитного поля Земли и некоторые аспекты инфекционных заболеваний / М. И. Орлюк, А. Ф. Фролов, **А. А. Ромнец** // Перша наукова конференція “Наука про землю та Космос – Суспільству”, 25–27 черв. 2007 р. : сб. тез. (Електронний варіант CD). – К., 2007.

2. UKRMAGNET – online – мониторинг геомагнитного поля Украины / М. И. Орлюк, **А. А. Ромнец** // Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, cosmomicrophysics, radio-astronomy and astrobiology : 13-th International Gamov Summer School, 19–25 August, 2013 : Program and abstracts. – Odessa, 2013. – С. 55–56.

3. UKRMAGNET.COM – первая украинская система ONLINE-мониторинга магнитного поля Земли / М. И. Орлюк, **А. А. Ромнец**, А. В. Ружинский, Т. Н. Шавконюк // Астрономія та фізика космосу в Київському університеті : Міжнар. конф. в рамках VII Всеукр. фестивалю науки, 21–23 трав. 2013 р. : тези доп. – К., 2013. – С. 59–60.

4. Геомагнитное поле северо-запада Причерноморья: геологический и экологический аспекты / М. И. Орлюк, **А. А. Ромнец** // Мониторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища : матеріали Всеукр. наук. конф., 21–24 верес. 2006 р. : тезиси док. – К. : ВПЦ “Київський університет”, 2006. – С. 23–24.

5. Геомагнитное поле Украины: оценка вклада внутренних и внешних источников / М. И. Орлюк, **А. А. Ромнец**, Т. П. Сумарук, Ю. П. Сумарук // Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, cosmomicrophysics, radio-astronomy and astrobiology : 12-th International Gamov Summer School, 20–26 August 2012 : Program and abstracts. – Odessa, 2012. – С. 19–20.

6. Геомагнитные поля Украины и Ямала: пространственно-временная возмущенность и экологический аспект / М. И. Орлюк, **А. А. Ромнец** // Полярная геофизика Ямала: наблюдения. базы данных и информационные системы в практике освоения месторождений нефти и газа : Междунар. науч.-практ. конф., 21–25 октяб., 2013 г. : тезиси док. – Надым, 2013. – С. 11–12.

7. Пространственная возмущенность геомагнитного поля и респираторные инфекции человека в украинском климатогеографическом поясе / М. И. Орлюк, А. Ф. Фролов, В. И. Задорожная, **А. А. Ромнец** // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : III Міжнар. наук.-практ. конф. : зб. наук. ст. – Харків, 2007. – Т. 2. – С. 170–175.

8. Пространственно-временная возмущенность геомагнитного поля и острые респираторные заболевания человека в украинском климатогеографическом поясе / М. И. Орлюк, А. Ф. Фролов, В. И. Задорожная, **А. А. Ромнец** // Мониторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища : VIII Міжнар. конф. : тези доп. – К., 2007. – С. 94–96.

9. Пространственно-временная возмущенность нормального магнитного поля Земли / М. И. Орлюк, **А. А. Ромнец** // 6-я Украинская конференция по



Ю. П. Сумарук, **А. О. Роменець** // Геофизич. журн. – 2014. – Т. 36, № 2. – С. 111–120.

6. Орлюк, М. І. Оцінка та прогноз збуреності магнітного поля Землі / М. І. Орлюк, **А. О. Роменець**, Т. П. Сумарук // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К., 2005. – С. 246–260.

7. Орлюк, М. І. Пространственно-временная структура магнитного поля Земли территории Украины: оценка вклада внутренних и внешних источников / [М. І. Орлюк, **А. А. Роменець** и др.] // Геофизич. журн. – 2012. – Т. 34, № 3. – С. 137–145.

8. Орлюк, М. І. Структура та динаміка квазіпостійного магнітного поля Землі на її поверхні та у ближньому космосі / М. І. Орлюк, **А. О. Роменець** // Геодинаміка. – 2011. – № 2 (11). – С. 227–230.

9. Компоненти магнітного поля Землі на території України для епохи 2010 р. за результатами вимірювання у пунктах вікового ходу / В. І. Трегубенко, В. Ю. Максимчук, М. І. Орлюк, В. П. М'ясоєдов, Д. О. Марченко, **А. О. Роменець** // Мінеральні ресурси України. – 2013. – № 3. – С. 37–40.

10. Орлюк, М. І. Геомагнітне екологічне поле України / М. І. Орлюк, **А. О. Роменець** // Вісник Київського Національного Університету. Геологія. – 2002. – Т. 23–24. – С. 88–91.

11. Орлюк, М. І. Геомагнітне поле України: екологічний аспект / М. І. Орлюк, **А. О. Роменець** // Геолог України. – 2003. – № 1. – С. 64–71.

12. Орлюк, М. І. Магнітне екологічне поле мегаполісу ( на прикладі м. Києва) / М. І. Орлюк, **А. О. Роменець** // Екологія і природокористування. – 2004. – Вип. 7. – С. 142–147.

13. Орлюк, М. І. Возмущенность магнитного поля Земли и некоторые аспекты инфекционных заболеваний / М. І. Орлюк, А. Ф. Фролов, В. І. Задорожная, **А. А. Роменець** // Геофизич. журн. – 2007. – Т. 29, № 6. – С. 148–156.

14. Орлюк, М. І. О влиянии магнитного поля Земли на урожайность озимой пшеницы на территории Украины / М. І. Орлюк, П. П. Мельник, **А. А. Роменець**, Л. І. Лищетович // Геофизич. журн. – 2012. – Т. 34, № 2. – С. 72–82.

15. Мельник, П. П. Вплив магнітного поля Землі на урожайність озимої пшениці на території України / П. П. Мельник, М. І. Орлюк, **А. О. Роменець** // Науково-практичний журнал збалансованого природокористування. – 2012. – № 1. – С. 53–60.

16. Эпидемический процесс гриппа и некоторые факторы биосферы физической природы / А. Ф. Фролов, М. І. Орлюк, В. І. Задорожная, **А. А. Роменець** // Доповіді НАН України. – 2009. – № 1. – С. 172–176.

17. Space-temporal structure of the magnetic field in territory of Ukraine / M. Orlyuk, **A. Romenets**, Yu. Sumaruk, T. Sumaruk // Геофизич. журн. – 2010. – Т. 32, № 4. – С. 126–127.

18. Geomagnetic field of Ukraine: estimation of internal and external sources contribution / М. І. Орлюк, **А. А. Роменець**, Т. П. Сумарук, Ю. П. Сумарук // Odessa astronomical publications. – 2012. – Vol. 25, № 2. – P. 102–108.

України розраховано для періоду 1950–2000 рр. Аналіз змін нормального геомагнітного поля та його компонент свідчить про істотне його зростання з 1950 р. по теперішній час.

Зокрема, якщо територія південного заходу і півдня України в 1950 році характеризувалася величинами модуля  $V_{IGRF} = 47000$  нТл, а північного сходу і півночі  $V_{IGRF} = 49800$  нТл, то в 2000 році відповідно величинами  $V_{IGRF} = 48200$  нТл і  $V_{IGRF} = 50500$  нТл.

Розрахована зміна величини  $V_{IGRF}$  за 50 років. Інтенсивність приросту поля направлена з сходу на захід. Горизонтальний градієнт поля  $V_{IGRF}$  складає близько 5 нТл/км [Орлюк, Роменець, 2002]. Для території України нормальне магнітне поле збільшилося за 50 років з 1065 нТл на сході і до 1330 нТл на заході.

#### 3.4 Характеристика модуля індукції магнітного поля В.

З використанням наявних і розрахованих масивів даних побудовано карти модуля геомагнітного поля України для епох 1950–2010 років в градусних і прямокутних координатах. Така уніфікація даних сприяє використанню цих систем координат як для розробки магнітних моделей, так і для комплексування з іншими даними.

Модуль В геомагнітного поля за 1950 рік змінюється в межах  $V = 46650 \div 57900$  нТл, а за 2010 рік – в межах  $V = 48100 \div 59150$  нТл (рис. 16). Треба відмітити, що карти модуля індукції В для різних епох подібні за конфігурацією, але відмінні за рівнем величини поля. В регіональному плані інтенсивність В зростає з південного заходу на північний схід. Мінімальними величинами В характеризуються АР Крим і Закарпатська область, а максимальними значеннями – північно-східні і північні області України.

На фоні такої регіональної характеристики параметра В спостерігаються відхилення у бік більших або менших значень магнітного поля залежно від його регіональних особливостей. Зокрема, значення В у районах Львівської, Одеської, Чернігівської, Західно-Інгулецької регіональних магнітних аномалій на декілька сотень нанотесла більше, а в межах Коростенського та Кіровоградського регіональних мінімумів – менше. Різке відхилення величини модуля В (на тисячі нанотесл) спостерігається тільки в областях інтенсивних локальних магнітних аномалій (Криворізькі, Кременчуцькі аномалії, Білозерська, південно-східне продовження Курської аномалії і т.п.). Отриманих даних достатньо для подальшої оцінки просторової збуреності магнітного поля.

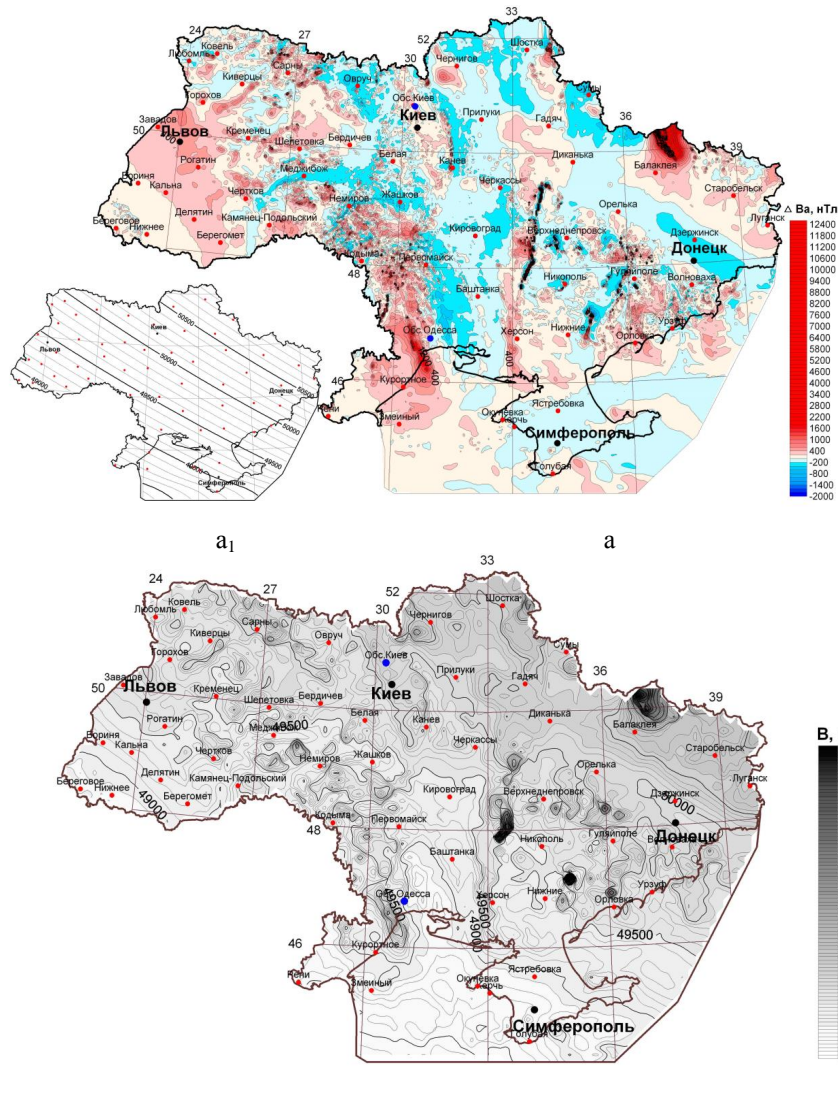


Рис. 1 Карта аномального магнітного поля території України (а), нормального поля  $V_{IGRF}$  на епоху 2010 р. (а<sub>1</sub>) і модуля індукції магнітного поля  $B$  (б). Червоні точки – мережа пунктів вікового ходу в 2010 р. Сині точки – геомагнітні обсерваторії “Київ” і “Одеса”. Чорні точки – столиця м. Київ та регіональні центри України.

2. Збуреність МПЗ оцінюється виразом:  $\Delta D = (B - V_{IGRF})/2V_{IGRF}$ , де  $\Delta D$  – просторова збуреність магнітного поля Землі,  $B$  – модуль повного вектора геомагнітного поля,  $V_{IGRF}$  – нормальне геомагнітне поле. Згідно з цим критерієм для території України просторово-часова збуреність  $\Delta D_{1950}$  змінюється в межах від  $-1470 D$  до  $+11808 D$ , а  $\Delta D_{2000}$  – в межах від  $-1436 D$  до  $+11546 D$  (у.о.).

3. Оцінена величина індукційного ефекту підмагнічення за рахунок магнітних джерел земної кори. Згідно з розрахунками за останні 50 років при зростанні  $V_{IGRF}$  більш ніж на 1200 нТл, величини ефекту підмагнічення для аномального магнітного поля території України знаходяться в межах від  $-17$  нТл до  $+188$  нТл.

4. З використанням нового критерію просторово-часової збуреності магнітного поля Землі  $\Delta D$  виконаний його аналіз в якості екологічного фактора. Запропонована “екологічна норма” геомагнітного поля, яка дорівнює 45000 нТл. Розглянута просторова неоднорідність  $\Delta D_{\text{екол.}}$  як для планети в цілому, так і для території України та виділені регіони з величинами близькими та суттєво відмінними відносно запропонованої норми.

Відповідно до прийнятої норми  $\Delta D_{\text{екол.}} = 0 \pm 10000 D$  більша частина території України знаходиться в сприятливих, у магнітному відношенні, умовах. Відхилення спостерігаються тільки в областях інтенсивних локальних магнітних аномалій (Криворіжжя, Кременчук і т.д.), а також на північному сході Харківської області.  $\Delta D_{\text{екол.}}$  на 2000 рік для території України характеризується позитивними значеннями від 3246 D до 19017 D.

5. Отримані коефіцієнти кореляції зв'язку врожайності озимих з геомагнітним полем для окремих областей (змінюються в межах від  $r = 0,64$  (Луганська обл.) до  $r = 0,89$  (Чернівецька обл.)) та для території України ( $r = 0,85$ ), які свідчать про суттєву залежність від поля.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті:*

1. Исследование динамики геомагнитного поля в районе Черниговской региональной аномалии / М. И. Орлюк, **А. А. Роменец**, М. И. Бакаржиева, Т. В. Лебедь // Вестник Пермского университета. Сер. “Геология”. – 2014. – Вып. 3 (24). – С. 48–59.
2. Орлюк, М. И. Новый критерий оценки пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли и некоторые аспекты его использования / М. И. Орлюк, **А. А. Роменец** // Геофизич. журн. – 2005. – Т. 27, № 6. – С. 1012–1023.
3. **Роменец, А. А.** Мониторинг и анализ низкочастотного техногенного магнитного шума в г. Киеве / А. А. Роменец, И. М. Орлюк // Геодинаміка. Науковий журнал. – 2013. – № 2 (15). – С. 314–317.
4. Орлюк, М. И. Структура и динамика главного магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе / М. И. Орлюк, **А. А. Роменец** // Odessa astronomical publications. – 2011. – Vol. 24. – P. 124–129.
5. Оцінка вкладу індукційних струмів у вікову варіацію геомагнітного поля (за даними українських геомагнітних обсерваторій) / М. І. Орлюк, Т. П. Сумарук,

4.7 Зв'язок деяких явищ в біосфері з просторово-часовими змінами магнітного поля Землі.

У роботі наведено приклад застосування розроблених баз даних модульних значень магнітного поля, нового критерію оцінки просторово-часової збуреності МПЗ в міждисциплінарних дослідженнях. Проведено дослідження зв'язку з магнітним полем ряду процесів у біосфері: захворюваності на гострі респіраторні захворювання (ГРЗ), врожайності озимих, тощо.

Проведення міждисциплінарних досліджень виконувалося в рамках Договорів про науково-технічну співпрацю між Інститутом геофізики НАН України та Інститутом вірусології АМН та НАН України, а також з Інститутом агроекології та економіки природокористування НААН України, які володіють достовірними базами даних про захворюваність на ГРЗ, а також врожайність злакових і інших культур для періоду з 1955 по 2010 рр.

Отримані значення коефіцієнта кореляції  $r$  як для окремих областей, так і для України в цілому, свідчать про достатньо сильний зв'язок між врожайністю озимої пшениці і модулем індукції магнітного поля  $B$ . Звичайно, механізм такого взаємозв'язку поки що незрозумілий, але отримані закономірності можна використовувати на феноменологічному рівні.

Вивчення динаміки врожайності озимої пшениці за 35-річний період і отримані коефіцієнти кореляції взаємозв'язку з геомагнітним полем для окремих областей (змінюються в межах від  $r = 0,64$  (Луганська) до  $r = 0,89$  (Чернівецька)) і для всієї території України ( $r = 0,85$ ) свідчать про їх суттєву залежність.

## ВИСНОВКИ

Вперше в історії геомагнітних досліджень на підставі аналізу модуля індукції геомагнітного поля  $B$  оцінено збуреність внутрішнього магнітного поля планети та території України шляхом його нормування до подвійної величини нормального поля  $B_{IGRF}$  або умовно прийнятої "екологічної норми". Запропонований критерій оцінки збуреності геомагнітного поля дозволив розрахувати величини індукційної складової (підмагнічення) в аномальному магнітному полі за рахунок зміни нормальної складової  $B_{IGRF}$ . Також з використанням модульних величин геомагнітного поля та його збурення вперше на кількісному рівні розглянуто зв'язок з ними низки біосферних процесів.

Таким чином:

1. Вперше для території України для періоду 1950–2010 рр. створені бази даних інтенсивності модуля індукції магнітного поля Землі  $B$  і побудовані відповідні карти для всієї території, окремо для областей та АР Крим, які свідчать, що просторові зміни величини модуля знаходяться в межах  $46650 \div 57900$  нТл (1950 р.) та  $48100 \div 59150$  нТл (2010 р.) В регіональному плані інтенсивність  $B$  зростає з південного заходу на північний схід, досягаючи максимальних значень на північному сході Харківської області. Мінімальними величинами  $B$  характеризуються Закарпатська обл. та АР Крим. Віковий хід поля характеризується його зростанням більш ніж на 1200 нТл за 50 років.

## Розділ 4. Просторово-часова збуреність магнітного поля Землі.

### 4.1 Новий критерій оцінки просторово-часової структури МПЗ.

Інформацію про просторову збуреність (аномальність) МПЗ можна отримати з аналізу нормальної  $B_{IGRF}$  і аномальної  $\Delta B_a$  його компонент. Відзначимо, що практика оцінки геомагнітної активності за зовнішнім полем, яка традиційно склалася, не відображає її повної (істинної) активності. Існуючі критерії оцінки МПЗ не дозволяють використовувати всю повноту геомагнітної інформації і вимагають нових, більш універсальних критеріїв збуреності магнітного поля  $B$ .

Даний критерій повинен підходити як для вирішення фундаментальних і прикладних проблем геомагнетизму та геофізики, так і екологічних завдань. У зв'язку з цим для оцінки просторово-часової збуреності геомагнітного поля пропонується аналізувати відношення аномального магнітного поля до подвійної величини нормальної компоненти:  $\Delta B_a / 2B_{IGRF}$  [Страхов, 2000, Старостенко и др., 2013]. Тут  $\Delta B_a$  – аномальна складова модуля повного вектора магнітного поля Землі,  $B_{IGRF}$  – величина нормального магнітного поля Землі.

В зв'язку з вище викладеним збуреність МПЗ у заданій точці оцінюється виразом

$$\Delta D = (B - B_{IGRF}) / 2B_{IGRF} = \Delta B_a / 2B_{IGRF},$$

де  $\Delta D$  – просторова збуреність геомагнітного поля Землі,  $B$  – модуль повного вектора геомагнітного поля,  $B_{IGRF}$  – нормальне геомагнітне поле.

Оскільки  $\Delta D$  – безрозмірна величина, то для зручності введено умовну одиницю збуреності магнітного поля Землі – Дисторшн (Distortion) ( $1D = 10^5$  у.о.). В цьому випадку величина збуреності магнітного поля  $\Delta D$  буде близькою до величини інтенсивності геомагнітного поля  $B$  в нанотеслах.

Оцінка збуреності геомагнітного поля  $\Delta D$  може виконуватися як для окремих геомагнітних епох (з використанням  $B_{IGRF}$  для цієї епохи), так і по відношенню до якоїсь постійної  $B = \text{const}$ , величина якої визначається відповідною задачею.

### 4.2 Збуреність магнітного поля Землі і на території України.

Розрахована та проаналізована збуреність магнітного поля планети  $\Delta D$  для  $B_{IGRF}$  за 1950 і 2000 рр.

Для території України збуреність геомагнітного поля  $\Delta D_{1950}$  змінюється в межах від  $-1470 D$  до  $+11808 D$ , а  $\Delta D_{2000}$  – в межах від  $-1436 D$  до  $+11546 D$ . Екстремальні додатні та від'ємні значення відносяться до областей розповсюдження інтенсивних локальних джерел, обумовлених залізородними утвореннями.

Згідно з розрахунками, величина  $\delta(\Delta D)$  для території України за 50 років змінюється в межах від  $-261D$  до  $+34 D$ . Додатні значення  $\delta(\Delta D)$  спостерігаються в районах мінімумів, а від'ємні – в районах максимумів аномалій модуля  $B$ , що обумовлюється збільшенням геомагнітного поля  $B$  для території України за 50 років.

### 4.3 Оцінка індукційного ефекту підмагнічення магнітних джерел земної кори території України.

Оцінка вкладу тих або інших джерел у сумарне магнітне поле Землі важлива у зв'язку з виділенням окремих його складових в чистому вигляді з метою дослідження їх природи, механізму виникнення і т.п. Для вирішення поставленої задачі були використані, передусім, результати спостережень українських обсерваторій.

Для ГО “Київ”, “Львів” і “Одеса” з використанням нового критерію оцінки збуреності МПЗ розраховані аномалії в результаті ефекту підмагнічення в аномаліях вікового ходу  $SV$  за рахунок зміни величини намагнічуючого породи поля. Це впливає з того, що у разі обумовленості сумарної намагніченості породи індуктивною компонентою  $I_i = \chi H$ , співвідношення  $\Delta D = (B - V_{IGRF})/2V_{IGRF} = \Delta B_a/2V_{IGRF} = \text{const}$  повинне бути постійним для будь-якого часового інтервалу.

Розрахунки показали, що ця компонента поля за останні 50 років має величини:  $-0,75$  нТл для ГО “Одеса”,  $+2,25$  нТл для ГО “Київ” і  $+6,3$  нТл для ГО “Львів”.

Розрахована величина внеску ефекту підмагнічення в сумарні варіації поля магнітних неоднорідностей земної кори, який виявився дуже незначним. Так, ефект від магнітних джерел, розташованих у земній корі в районах геомагнітних обсерваторій, складає максимум 10 нТл за 50 років, що добре узгоджується з даними інших авторів [Thebault et al., 2009].

В цілому для території України (рис. 2.) в областях інтенсивних магнітних аномалій (Курська, Криворізька, Одеська і т.д.) цей ефект може досягати десятків і навіть сотень нанотесла [Орлюк, Роменец, 2005]. Згідно з розрахунками величина ефекту підмагнічення для аномального магнітного поля території України за останні 50 років знаходиться в межах  $-17$  нТл до  $+188$  нТл.

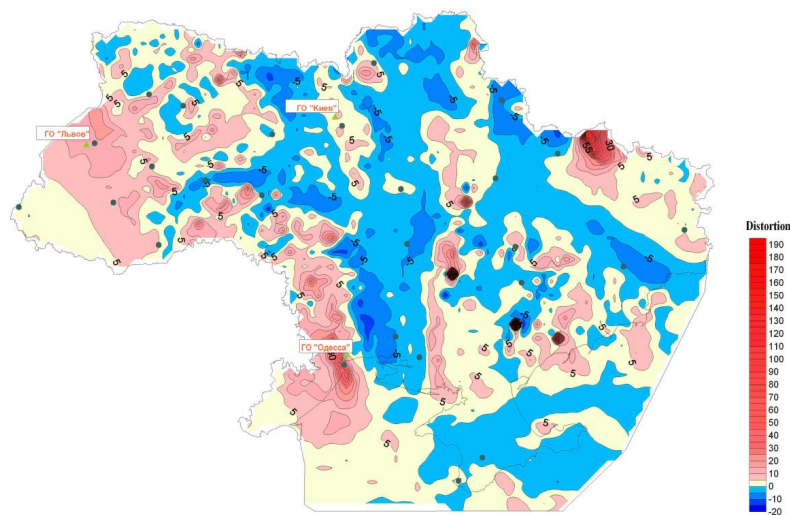


Рис. 2. Карта величини індукційного ефекту підмагнічення магнітних неоднорідностей кори території України.

Розраховані величини індукційного ефекту підмагнічення повністю узгоджуються з експериментальними даними, отриманими для Чернігівської регіональної магнітної аномалії [Орлюк и др., 2014].

#### 4.4 “Екологічна норма” геомагнітного поля.

У зв’язку з розглядом МПЗ як екологічного фактора виникає потреба введення певної “екологічної норми”, по відношенню до якої можна було б характеризувати ступінь впливу МПЗ на живі організми.

Визначення величини “екологічної норми” інтенсивності магнітного поля, яке впливає на біоту, повинно виходити з аналізу нормальної компоненти МПЗ. Як було визначено в попередніх розділах, величина нормальної компоненти МПЗ на земній кулі змінюється від  $\approx 60000 \div 70000$  нТл на магнітному полюсі до  $\approx 20000 \div 30000$  нТл на екваторі.

Якщо прийняти мінімальні і максимальні значення на планеті в першому наближенні за сучасні межі змін величини  $V_{IGRF}$ , то середня величина  $V_{IGRF}$  може бути узята за “норму” і дорівнювати 45000 нТл, яка при подальших дослідженнях може корегуватися [Орлюк, Роменец, 2005].

#### 4.5 Екологічна збуреність магнітного поля Землі.

Екологічний аспект збуреності ґрунтується на запропонованій величині “екологічної норми” і оцінці по відношенню до неї збуреності магнітного поля.

Тоді для довільної точки на поверхні планети просторово-часова збуреність геомагнітного поля визначатиметься виразом:  $\Delta D_{\text{екол.}} = (V_{IGRF} - V_{\text{екол.}})/2V_{\text{екол.}}$ , де  $\Delta D_{\text{екол.}}$  – екологічна збуреність МПЗ,  $V_{\text{екол.}} = 45000$  нТл – “екологічна норма” інтенсивності нормального поля Землі  $V_{IGRF}$ .

Екологічна збуреність магнітного поля Землі за 1950 рік змінюється в межах  $\Delta D_{\text{екол.1950}} = -22700 \text{ D} \div +26500 \text{ D}$ , а за 2000 рік –  $D_{\text{екол.2000}} = -24500 \text{ D} \div +24600 \text{ D}$ . Розраховані часові зміни даної величини за 50 років:  $\delta(\Delta D)_{\text{екол.}} = \Delta D_{\text{екол.2000}} - \Delta D_{\text{екол.1950}} = -6900 \div +2000 \text{ D}$ .

Виходячи з запропонованої “норми”  $V_{\text{екол.}} = 45000$  нТл, збуреність магнітного поля  $\Delta D_{\text{екол.}} = 0 \text{ D}$  також є “нормою”, а допустиме відхилення від “норми”  $\Delta D_{\text{екол.}} = \pm 10000 \text{ D}$ . Як наслідок, на планеті визначено місця і з нормальними величинами збуреності геомагнітного поля, так і з її суттєвими відхиленнями від запропонованої норми.

#### 4.6 Екологічна збуреність магнітного поля України.

Екологічна збуреність магнітного поля для території України характеризується позитивними значеннями: за 1950 рік змінюється в межах  $\Delta D_{\text{екол.1950}} = 1830 \text{ D} \div 17774 \text{ D}$ , а за 2000 рік в межах  $\Delta D_{\text{екол.2000}} = 3246 \text{ D} \div 19017 \text{ D}$ . За 50 років  $\delta(\Delta D)_{\text{екол.}}$  змінюється в межах  $1180 \text{ D} \div 1480 \text{ D}$ . В регіональному плані  $\Delta D_{\text{екол.}}$  зростає з південного заходу на північний схід, досягаючи максимальних значень на північному сході Харківської області (в районі південно-східного продовження Курської магнітної аномалії). Зміна  $\delta(\Delta D)_{\text{екол.}}$  за 50 років свідчить про її зростання зі сходу на захід. Зауважимо, що (відповідно до прийнятої “норми”) відхилення від сприятливих у магнітному відношенні умов спостерігаються тільки в областях інтенсивних локальних магнітних аномалій (Криворіжжя, Кременчук, тощо), а також на північному сході Харківської області (південно-східне продовження Курської аномалії).