

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.10.064>

УДК 550.383

М.І. Орлюк, А.О. Роменець

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ

E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua; orliuk@ukr.net; romenets@ukr.net

Просторово-часова збуреність геомагнітного поля ряду територій північної та південної півкуль Землі

Представлено академіком НАН України В.І. Старостенком

Розглянуто просторово-часову збуреність геомагнітного поля досить різних в геомагнітному відношенні регіонів високих та середніх широт у північній та південній півкулях Землі. З цією метою проаналізовано модуль індукції геомагнітного поля територій України, Ямалу (Росія) та навколо української антарктичної станції “Академік Вернадський” (“АВ”) за період з 1950 по 2010 р. Показано істотні просторові зміни геомагнітного поля, а саме на епоху 2010 р. для території поблизу станції “АВ” модуль вектора індукції B в середньому на 10000 нТл менший за такий для України і на 20000 нТл — для Ямалу. Також виявлено значні часові зміни геомагнітного поля — його зростання на 1400 нТл для України та Ямалу і зменшення на 6000 нТл в районі станції “АВ”. Виконано екологічну оцінку геомагнітного поля.

Ключові слова: геомагнітне поле, просторово-часова збуреність, екологічна норма.

Геомагнітне поле та його просторово-часова збуреність істотно впливають на низку процесів у біосфері загалом та людини зокрема [1–3]. На сьогодні існують екологічні норми щодо величини постійних та змінних полів, по відношенню до яких визначають умови, необхідні для проживання людини [4–8]. З цього погляду цікаво розглянути параметри геомагнітного поля різних регіонів північної та південної півкуль Землі.

Для вирішення поставленої задачі були обрані території України, Ямалу (Росія) та невелика територія навколо української антарктичної станції “Академік Вернадський” (“АВ”).

Україна, Ямал і “АВ” знаходяться в досить різних у “геомагнітному” відношенні умовах. Зокрема, Україна розташована в середніх геомагнітних широтах з досить диференційованим характером магнітного поля, обумовленого складною структурою земної кори докембрійської Східно-Європейської платформи, Ямал — в приполярній області поблизу Східно-Азіатської материкової аномалії зі слабо диференційованим аномальним полем Західно-Сибірської плити мезозойського віку. Територія Антарктиди взагалі слабо покрита магнітними вимірами [9, 10]. Проведені дослідження в районі станції “АВ” свідчать про значну неоднорідність геомагнітного поля. Виділені аномалії з інтенсивністю в перші тисячі на-

нотесла свідчать про наявність порід з різко відмінними магнітними властивостями. Тому цілком природним є визначення просторово-часової неоднорідності геомагнітних полів цих територій.

Оцінка просторово-часової збуреності геомагнітного поля потребує наявності числових різномасштабних карт: аномалій модуля індукції магнітного поля ΔB_a , його нормальної компоненти B_n (як нормальне магнітне поле Землі нами використано аналітичну модель B_{IGRF} (International Geomagnetic Referenc Field)) і модуля індукції B .

Для цього застосовувалися стандартні технології побудови таких карт. Зауважимо, що найбільш складною задачею є розробка карт аномального магнітного поля ΔB_a , яка потребує врахування варіацій зовнішнього магнітного поля Землі, які в даному випадку є завадами, і зведення результатів до середини року певної епохи. Тому зазвичай методика робіт передбачає:

а) синхронні спостереження модуля B у точках вимірювання та на магнітній обсерваторії. Цей прийом дає можливість виключити варіаційну складову магнітного поля δB і отримати для точок спостережень абсолютні значення модуля B на момент вимірювання $B_{абс} = B_{вим} - \delta B$. Варіаційна складова δB визначається як різниця між виміряними значеннями модуля індукції B і його середньорічною величиною;

б) аномальні значення модуля визначаються виразом $\Delta B_a = B_{абс} - B_{IGRF}$. Тут B_{IGRF} — значення нормальної компоненти міжнародного геомагнітного поля відносності в точці спостережень, яке розраховується на відповідну епоху (з використанням програмного забезпечення агентства NASA) [11].

Отже, маючи масиви полів ΔB_a та B_{IGRF} , для будь-якого часу для довільної точки можна визначити абсолютну величину індукції геомагнітного поля: $B_{абс, i} = \Delta B_a + B_{IGRF, i}$ (тут i — відповідна епоха)

Зважаючи на те, що значення аномального магнітного поля ΔB_a визначаються джерелами в літосфері Землі, які є незмінними (постійними), абсолютні значення геомагнітного поля будуть залежати тільки від вікових змін головного поля, які відображаються у величинах нормального поля B_{IGRF} . Отже, для розрахунку абсолютних значень індукції геомагнітного поля на певну епоху необхідно знайти суму аномального і нормального геомагнітних полів. Зокрема, на епоху 1950 р. абсолютні значення індукції геомагнітного поля розраховуються за виразом $B_{абс, 1950} = \Delta B_a + B_{IGRF, 1950}$ і т. д.

Для подальших розрахунків було використано цифрові дані щодо значень аномального магнітного поля, отримані на підставі опублікованих карт для території Ямалу [12, 13] та України [14]. Для території в районі станції “АВ” було використано цифрову карту, розроблену авторами на підставі експедиційних робіт 2005–2008 рр. [9, 10, 15].

Відповідно до розроблених цифрових карт (рис. 1), модуль повного вектора геомагнітного поля для України і Ямалу змінюється в межах $B_{укр} = 46649 \div 60997$ нТл, $B_{Ямал} = 54678 \div 65579$ нТл (епоха 1950 р.) та $B_{укр} = 48100 \div 62319$ нТл і $B_{Ямал} = 56028 \div 66207$ нТл (епоха 2010 р.) (див. рис. 1, а, б), тобто відрізняється на величину ≈ 10000 нТл. Для дослідженої території поблизу станції “АВ” модуль повного вектора ($B_{„АВ”}$) змінюється в межах 41345–48654 нТл (епоха 1950 р.) і 35237–42545 нТл (епоха 2010 р.) (див. рис.1, в), тобто в середньому на 10000 нТл менше від середньої величини модуля повного вектора території України і на 20000 нТл — Ямалу.

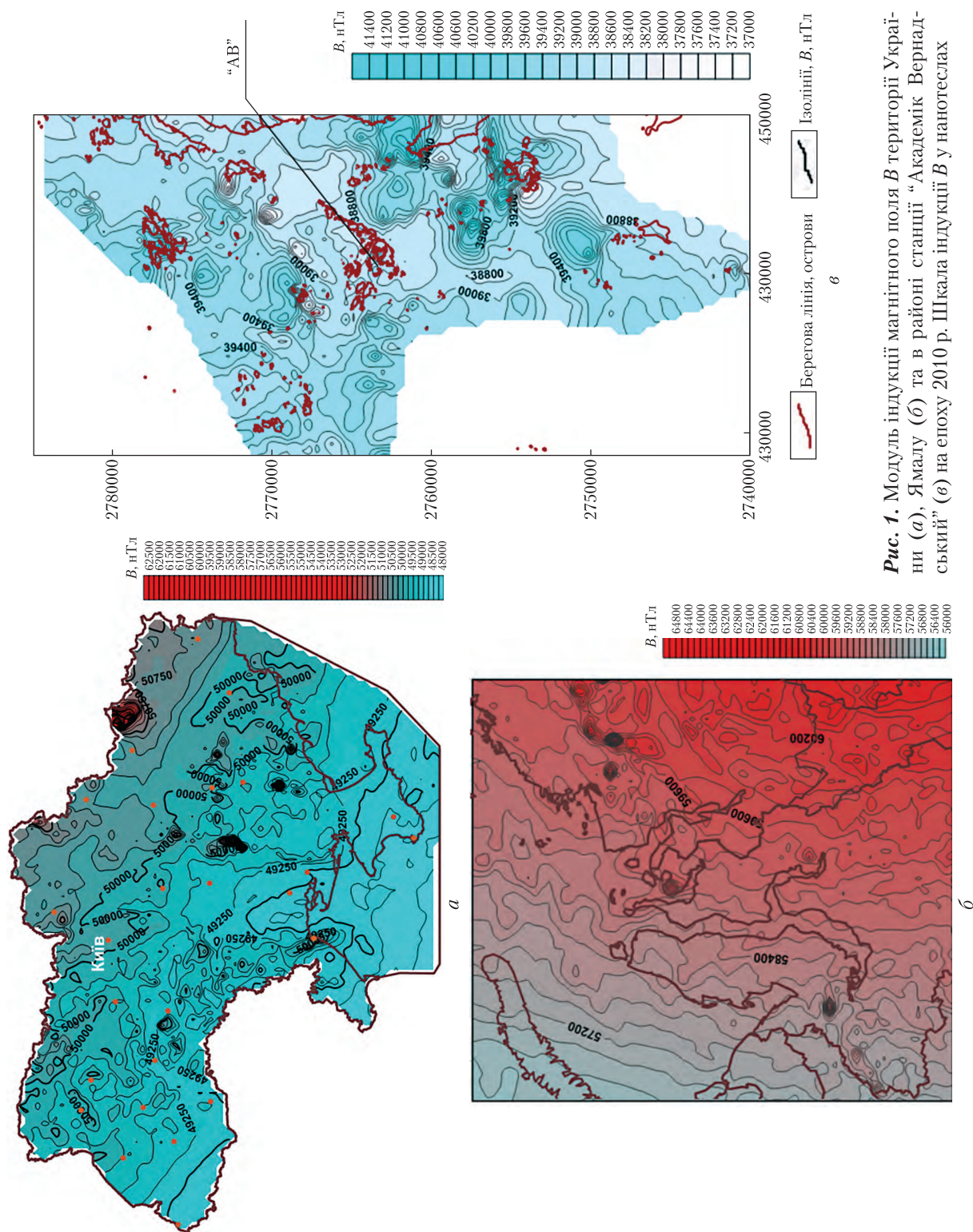


Рис. 1. Модуль індукції магнітного поля *B* території України (а), Ямалу (б) та в районі станції “Академік Вернадський” (с) на епоху 2010 р. Шкала індукції *B* у нанотеслах

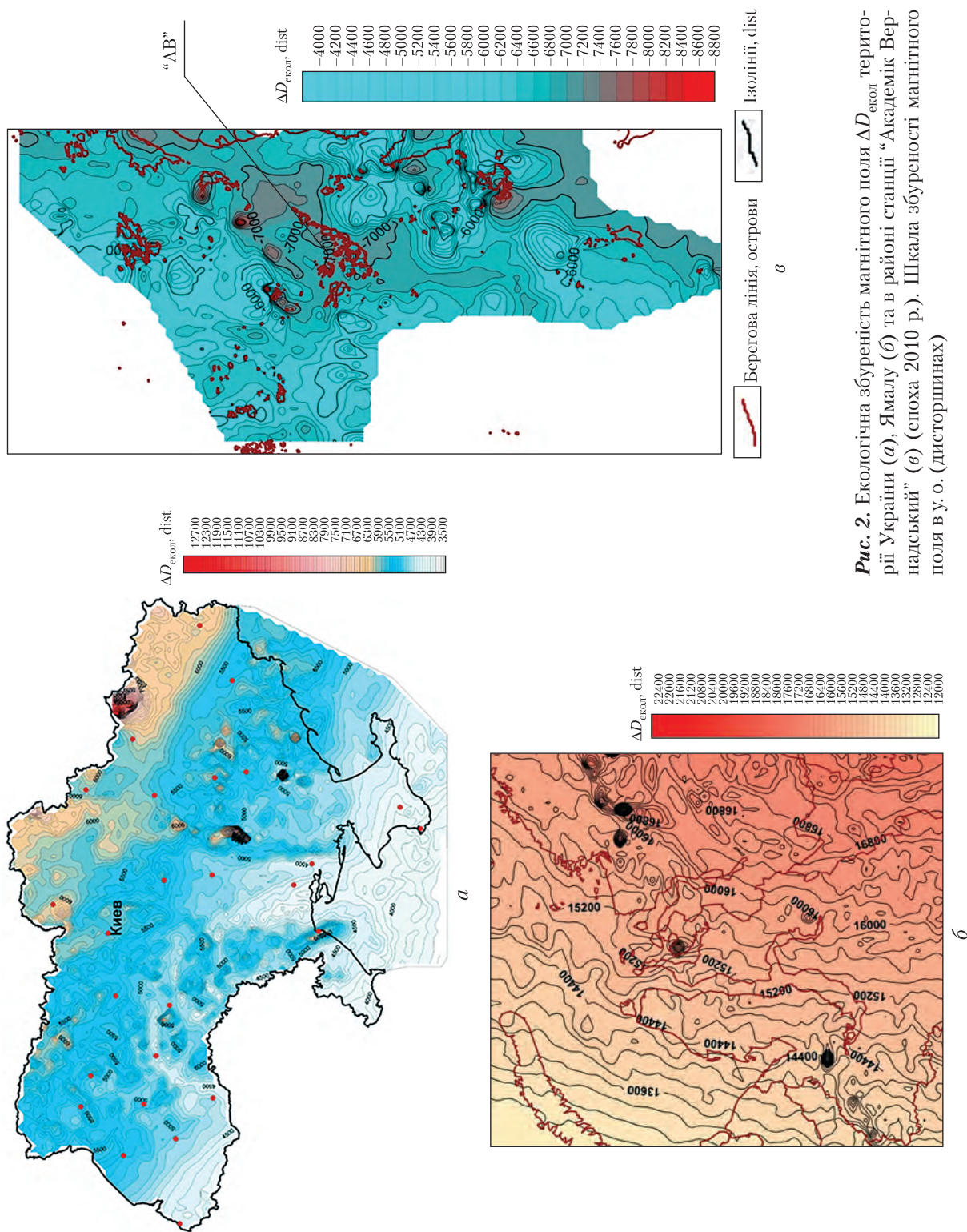


Рис. 2. Екологічна збуреність магнітного поля $\Delta D_{\text{ексол}}$ території України (а), Ямалу (б) та в районі станції "Академік Вернадський" (в) (епоха 2010 р.). Шкала збуреності магнітного поля в у. о. (дисторшинах)

Оцінка просторово-часової збуреності магнітного поля Землі ($B = B_n + \Delta B$) виконана за запропонованим нами критерієм відповідно до виразу $\Delta D = (B - B_n) / 2B_n$, де ΔD — просторова збуреність геомагнітного поля Землі; B — модуль повного вектора геомагнітного поля; B_n — нормальне геомагнітне поле B_{IGRF} [11].

Відповідно до виразу ΔD — безрозмірна, незначна за інтенсивністю величина, у зв'язку з чим введена одиниця збуреності магнітного поля Землі — дисторшн (distortion) ($1 D = 10^5$ у.о.).

Для досліджуваних регіонів оцінена просторова збуреність ΔD та її віковий хід $\delta(\Delta D)$ для часового інтервалу 1950–2010 рр. Для України ΔD_{1950} змінюється в межах від -1470 до $+11808 D$, а ΔD_{2010} — від -1432 до $+11499 D$. Для Ямалу ΔD_{1950} змінюється в межах від -469 до $+4820 D$, а ΔD_{2010} — від -462 до $+4770 D$. Для “АВ” ΔD_{1950} змінюється в межах від -4140 до $+3903 D$, а ΔD_{2010} — від -4789 до $+4515 D$. Віковий хід просторової збуреності магнітного поля розрахований за формулою $\delta(\Delta D) = \Delta D_{2010} - \Delta D_{1950}$. Величина $\delta(\Delta D)$ за 60 років змінилася в межах від -308 до $+38 D$ для України, від -50 до $+8 D$ для Ямалу та від -649 до $+611 D$ для “АВ”. Отже, збуреність магнітного поля України значно вища за таку на Ямалі, але істотно нижча, ніж у районі станції “АВ”.

Екологічний аспект ґрунтується на “екологічній нормі” геомагнітного поля, яку ми приймаємо рівною 45000 нТл, та оцінці по відношенню до неї збуреності магнітного поля $\Delta D_{\text{екол}} = (B - B_{\text{екол}}) / 2B_{\text{екол}}$. Для досліджуваних територій встановлено такі зміни величини $\Delta D_{\text{екол}}$: для України $\Delta D_{\text{екол } 1950} = 1830 \div 17774 D$, $\Delta D_{\text{екол } 2010} = 3445 \div 19243 D$ (рис. 2, а); для Ямалу $\Delta D_{\text{екол } 1950} = 10753 \div 22865 D$, $\Delta D_{\text{екол } 2010} = 12253 \div 23564 D$ (див. рис. 2, б); для “АВ” $\Delta D_{\text{екол } 1950} = -4061 \div 406 D$, $\Delta D_{\text{екол } 2010} = -10848 \div -2727 D$ (рис. 2, в).

Віковий хід екологічної збуреності геомагнітного поля $\delta(\Delta D)_{\text{екол}}$ за 60 років знаходиться в межах 1180 – $1723 D$ для України, 402 – $1503 D$ для Ямалу та -6796 – $-6776 D$ для “АВ”. Відповідно до прийнятої “екологічної норми” збуреності геомагнітного поля ($\pm 10000 D$) на Ямалі спостерігається її перевищення (див. рис. 2, б), що робить дану територію менш “комфортною” порівняно з Україною (див. рис. 2, а) в геомагнітному сенсі. Територія поблизу станції “АВ” характеризується інтенсивними часовими змінами просторової та екологічної збуреності, що обумовлюється зменшенням магнітного поля близько 100 нТл/рік.

Згідно з одержаними даними (див. рис. 2), має місце незначне відхилення від допустимої норми екологічної збуреності для території України і Ямалу, причому спостерігається зворотна картина порівняно зі збуреністю в районі станції “АВ”. Якщо для України та Ямалу збуреність геомагнітного поля відхиляється від норми в бік її збільшення, то для “АВ” — істотного зменшення. Порівняльний аналіз просторової та екологічної збуреності різних у “геомагнітному” відношенні регіонів показав, що даний параметр більш зручний для “екологічного” аналізу просторово-часових змін “геомагнітного” середовища, ніж геомагнітне поле. Це зумовлено тим, що при нормуванні вихідного поля до його “нормальних значень”, або “екологічної норми” отримуємо безрозмірний параметр, в якому відображаються часові зміни як нормального поля, так і інтенсивність аномалій регіонального та локального класів. З іншого боку, використання такого підходу до інших геофізичних полів дає можливість оцінювати їх комплексний екологічний вплив шляхом їх коректного зіставлення.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Орлюк М.І. Геофізична екологія — основні задачі та шляхи їх розв'язку. *Геофиз. журн.* 2001. **23**, № 1. С.49–59.
2. Орлюк М.И., Роменец А.А. Геомагнитное поле Украины: экологический аспект. *Геолог Украины.* 2003. № 1. С. 64–70
3. Резинкина М.М., Пелевин Д.Е., Думанский Ю.Д., Биткин С.В. Ослабление геомагнитного поля в многоквартирных домах различных проектов. *Гігієна населених місць.* 2009. № 54. С. 209–216.
4. Розов В., Пелевин Д., Левина С. Экспериментальное исследование явления ослабления статического геомагнитного поля в помещении. *Электротехника и электромеханика.* 2013. № 6. С. 72–76.
5. Серпов В.Ю. Влияние естественных магнитных полей на безопасность жизнедеятельности человека в зонах геофизических аномалий Европейской части России: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук / ГОУ ВПО “Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова МО РФ”: Санкт-Петербург. 2007. 321 с.
6. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 [acting from July 2008]. Institut für Baubiologie + Ökologie. IBN. 5 p. URL: <http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>
7. Орлюк М.И., Роменец А.А. Новый критерий оценки пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли и некоторые аспекты его использования. *Геофиз. журн.* 2005. **27**, № 6. С. 1012–1023.
8. Подшибякин А.К., Смирнов Р.В., Ужва Т.Г., Шахова В.И. Признаки связи между величиной физиологических показателей состояния человека и животных и степенью возмущенности магнитного поля Земли. *Геофизика и астрономия: Информ. бюл.* 1967. № 11. С.209–214.
9. Orlyuk M.I., Bakarjewa M.I., Bakhmutov V.G., Romenets A.A., Tarasov V.N. S4.4/P13 Digital geomagnetic maps of Antarctic Peninsula. *Polar Reserch-Arctic and Antarctic Perspective in the Int. Polar Year: Abstract Volume.* Scientific Committee on antarctic Research (SCAR) and Int. Arctic Science Committee (IASC). Open science conference (St. Peterburg, 8–11 July 2008). Санкт-Петербург: ГНЦ РФ ААНИИ, 2008. P. 423.
10. Orlyuk M.I., Romenets A.A. Geomagnetic maps of the region of the station “Academic Vernadsky”: geological and ecological aspects. *Ukraine in Antarctica – National Priorities and Global Integration:* Int. Antarctic Conf. IAC2008 (Kiev, 23–25 May, 2008). Kiev, 2008. P. 89.
11. URL: <http://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/igrf.html>
12. Purucker M.E. Magnetic anomaly map of the world. *Eos.* 2007. **88**, № 25. P. 263.
13. Карта аномального магнітного поля (ΔT)_a ССРСР (континентальна частина і деякі прилеглі акваторії) масштаба – 1 : 2 500 000. Макарова З.А. (ред.). Москва: ГУГК, 1977. 16 л.
14. Нечаєва Т.С., Шимків Л.М., Горкавко В.М. Карта аномального магнітного поля (ΔT)_a України масштабу 1 : 1 000 000. Київ, 2002.
15. Орлюк М.И., Роменец А.А. Пространственно-временная структура геомагнитного поля в районе архипелага Аргентинские острова (станция “АВ”). *Моніторинг геологічних процесів:* Матеріали ІХ Міжнар. наук. конф. (Київ, 14–17 жовтня 2009). Київ: ВПЦ “Київський університет”, 2009. С. 92–94.

Надійшло до редакції 08.05.2018

REFERENCES

1. Orlyuk, M. I. (2001). Geophysical ecology – the main tasks and ways of their solution. *Geophys. J.*, 23, No. 1, pp. 49-59 (in Ukrainian).
2. Orlyuk, M. I. & Romenets, A. O. (2003). Geomagnetic field of Ukraine: ecological aspect. *Ukrainian Geologist*, No. 1, pp. 64-70 (in Russian).
3. Rezinkina, M. M., Pelevin, D. Ye., Dumanskiy, Yu. D. & Bitkin, S. V. (2009). Geomagnetic field attenuation in apartment houses of different structure. *Gigiena naselenykh mist*, No. 54, pp. 209-216 (in Russian).
4. Rozov, V., Pelevin, D. & Levina, S. (2013). Experimental research into indoor static geomagnetic field weakening phenomenon. *Elektrotehnika i Elektromekhanika*, No. 6, pp. 72-76 (in Russian).
5. Serpov, V. (2007). Influence of natural magnetic fields on human safety in areas of geophysical anomalies European part of Russia. (Extended abstract of Doctor thesis). S.M. Kirov Military Medical Academy, St-Petersburg, Russia (in Russian).

6. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 (2008, July). Institut fur Baubiologie + Okologie. IBM. Retrieved from <http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>
7. Orlyuk, M. I. & Romenets, A. O. (2005). New criterion for estimating the spatiotemporal perturbation of the Earth's magnetic field and some aspects of its use. *Geophys. J.*, 27, No. 6, pp. 1012-1023 (in Russian).
8. Podshibyakin, A. K., Smirnov, R. V., Uzhva, T. G. & Shakhova, V. I. (1967). Signs of the relationship between the magnitude of physiological indicators of the state of man and animals and the degree of perturbation of the Earth's magnetic field. *Geophysics and Astronomy: Inform. bull*, No. 11, pp. 209-214 (in Russian).
9. Orlyuk, M. I., Bakarjieva, M. I., Bakhmutov, V. G., Romenets, A. A. & Tarasov, V. N. (2008, July). S4.4/P13 Digital geomagnetic maps of Antarctic Peninsula. Polar Reserch-Arctic and Antarctic Perspective in the Int. Polar Year. Abstract Volume. Scientific Committee on antarctic Research (SCAR) and Int. Arctic Science Committee (IASC). Open science conference (p. 423), St. Peterburg: SSC RF, AARI.
10. Orlyuk, M. I. & Romenets, A. A. (2008, May). Geomagnetic maps of the region of the station "Academic Vernadsky": geological and ecological aspects. *Ukraine in Antarctica – National Priorities and Global Integration: Int. Antarctic Conf. IAC2008* (p. 89), Kiev.
11. Retrieved from <http://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/igrf.html>
12. Purucker, M. E. (2007). Magnetic anomaly map of the world. *Eos*, 88, No. 25. P. 263.
13. Makarova, Z. A. (Ed.). (1977). Map of anomalous magnetic field $(\Delta T)_a$ and the USSR (continental part and some adjoining water areas). 1 : 2 500 000. Moscow: GUGK (in Russian).
14. Nechaeva, T. S., Shymkiv, L. M. & Gorkavko, V. M. (2002). Map of anomalous magnetic field $(\Delta T)_a$ Ukraine m 1 : 1 000 000. Kiev (in Ukrainian).
15. Orlyuk, M. I. & Romenets, A. O. (2009). Spatio-temporal structure of the geomagnetic field in the region of the archipelago Argentine Islands (station "AV"). *Material of the IX Int. Sci. Conf. Monitors of Geological Processe*" (pp. 92-94) Kiev (in Ukrainian).

Received 08.05.2018

М.И. Орлюк, А.А. Роменець

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев
E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua; orliuk@ukr.net; romenets@ukr.net

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВОЗМУЩЕННОСТЬ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НЕКОТОРЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЙ ЗЕМЛИ

Рассмотрена пространственно-временная возмущенность геомагнитного поля весьма различных в геомагнитном отношении регионов высоких и средних широт в северном и южном полушариях Земли. С этой целью проанализирован модуль индукции геомагнитного поля территории Украины, Ямала (Россия) и в районе украинской антарктической станции "Академик Вернадский" ("АВ") за период с 1950 по 2010 г. Показаны существенные пространственные изменения геомагнитного поля, а именно на эпоху 2010 г. для территории вблизи станции "АВ" модуль вектора индукции B в среднем на 10000 нТл меньше такового для Украины и на 20000 нТл — для Ямала. Также выявлены значительные временные изменения геомагнитного поля — его рост на 1400 нТл для Украины и Ямала и уменьшение на 6000 нТл в районе станции "АВ". Выполнена экологическая оценка геомагнитного поля.

Ключевые слова: геомагнитное поле, пространственно-временная возмущенность, экологическая норма.

M.I. Orlyuk, A.O. Romenets

S.I. Subbotin Institute of geophysics of the NAS of Ukraine, Kiev

E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua; orliuk@ukr.net; romenets@ukr.net

SPATIAL-TEMPORAL PERTURBATION OF THE GEOMAGNETIC
FIELD OF CERTAIN TERRITORIES IN THE NORTHERN
AND SOUTHERN HEMISPHERES OF THE EARTH

The article considers a spatial-temporal perturbation of the geomagnetic field for regions of high and middle latitudes of the northern and southern hemispheres of the Earth. For this purpose, the modulus of the induction of the geomagnetic fields of Ukraine, Yamal (Russia), and near the Ukrainian Antarctic station “Akademik Vernadsky” (“AV”) is analyzed for the period from 1950 to 2010. Essential spatial changes in the geomagnetic field are shown. So, for the 2010 epoch for the territory near the station, the modulus of the induction vector B_{AV} is on the average by 10,000 nT less than its value on the territory of Ukraine and 20,000 nT – of Yamal. That is why significant temporal changes of the geomagnetic field were revealed: its increase by 1,400 nT for Ukraine and Yamal and a decrease by 6,000 nT in the area of the station “AV”. An ecological evaluation of the geomagnetic field is carried out.

Keywords: *geomagnetic field, spatial-temporal perturbation, environmental standard.*