

УДК 550.37

В. Ю. Максимчук^{1,*}, І. О. Чоботок¹, Т. А. Климкович¹,
Р. С. Кудравець¹, Є. Ф. Накалов¹, Ю. С. Отруба²

¹ Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна,
Національна академія наук України, вул. Наукова 3-Б, м. Львів, 79060

² Державна установа Національний антарктичний науковий центр МОН України,
бульв. Тараса Шевченка, 16, м. Київ, 01601

* Corresponding author: vmaksymchuk@cb-igph.lviv.ua

КОМПЛЕКСНИЙ МАГНІТОВАРІАЦІЙНИЙ ТА ТЕКТОНОМАГНІТНИЙ МОНІТОРИНГ СУЧАСНОЇ ГЕОДИНАМІКИ ЗАХІДНОГО СХИЛУ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА

РЕФЕРАТ. **Мета роботи** – дослідження ефективності та інформативності комплексу тектономагнітного та магнітоваріаційного моніторингу для вивчення сучасної геодинаміки Антарктичного півострова у районі Українська антарктична станція «Академік Вернадський» (УАС). **Методика.** Методика робіт передбачає виконання довготривалих магнітоваріаційних спостережень на УАС, на основі яких розраховуються компоненти вектора електромагнітної індукції (вектор Візе) для геомагнітних варіацій у діапазоні 2,5–60 хв. Будуються ряди змін цих параметрів у часі. Тектономагнітні дослідження виконуються на стаціонарній мережі пунктів спостережень на Антарктичному геофізичному полігоні, на основі яких знаходять тектономагнітні аномалії – приріст локального магнітного поля між епохами спостережень (модуля повного вектора магнітного поля). Природа тектономагнітних аномалій, як правило, пов'язується зі змінами тектонічних напружень. Поєднання магнітоваріаційних і тектономагнітних спостережень дозволить підвищити достовірність тектонофізичної інтерпретації геофізичних і геологічних даних для вивчення сучасної динаміки Антарктичного півострова. **Результати.** Проаналізовано та узагальнено результати тектономагнітних та магнітоваріаційних спостережень на УАС «Академік Вернадський» та Антарктичному тектономагнітному полігоні, отримані за 1998–2017 роки. Досліджено часові зміни параметрів електромагнітної індукції (вектора Візе) та локального геомагнітного поля. Виявлено аномальні ефекти в тектономагнітних варіаціях та часових змінах вектора Візе, викликані сеймотектонічними процесами в літосфері регіону. Виконано порівняльний аналіз тектономагнітних та магнітоваріаційних даних та обґрунтовано можливість їх комплексування для здійснення моніторингу сучасних сеймотектонічних процесів у районі УАС. **Висновки.** Проведено спільний аналіз довготривалих багаторічних рядів тектономагнітного поля і магнітоваріаційних параметрів на УАС «Академік Вернадський». Виявлено кореляцію між тектономагнітними аномаліями на Антарктичному геодинамічному полігоні та аномальними ефектами у часових рядах вектора Візе. Комплекс тектономагнітного та магнітоваріаційного моніторингу є органічним і дозволяє у поєднанні з сейсмічним та іншими геофізичними методами отримувати надійну інформацію про геодинаміку регіону Антарктичного півострова.

Ключові слова: моніторинг, тектономагнетизм, магнітоваріаційні спостереження, вектор Візе.

ВСТУП

Вивчення сучасної геодинаміки Антарктичного півострова є актуальним завданням геолого-геофізичних досліджень, які виконуються у рамках

Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2020 рр. Серед геофізичних методів вивчення сучасної геодинаміки особливу увагу привертають тектономагнітний та магнітоваріаційний методи.

Значний досвід їх застосування накопичений у Японії (Mogi, 2002), Китаї (Zeng, 1992), а також в Україні (Максимчук, Городиський, Кузнєцова,

© В. Ю. МАКСИМЧУК, І. О. ЧОБОТОК,
Т. А. КЛИМКОВИЧ, Р. С. КУДРАВЕЦЬ,
Є. Ф. НАКАЛОВ, Ю. С. ОТРУБА, 2018

2001; Сучасна..., 2015). Магнітоваріаційний метод дозволяє вивчати електропровідність гірських порід, їх розподіл з глибиною, що дає можливість досліджувати склад та фізичний стан земних надр. У режимі моніторингу метод дозволяє досліджувати зміни у часі електричних параметрів гірських порід та геодинамічні процеси, які їх викликають. Експериментальні неперервні магнітоваріаційні спостереження на УАС «Академік Вернадський» виконуються вже понад 10 років. Епізодичні короткотривалі (до 7 діб) магнітоваріаційні спостереження у різні роки виконувались на прилеглих до УАС островах і дали можливість отримати дані про особливості геоелектричного розрізу. За даними МВ-спостережень на УАС «Академік Вернадський» за період 2005—2010 рр. були побудовані часові ряди індукційних параметрів (вектора Візе). Тут вперше для Антарктичного регіону було виявлено неперіодичні та епізодичні коливання електромагнітних параметрів, що дозволило поставити питання про їх детальніші дослідження у напрямку вивчення геодинамічних процесів (Климкович та ін., 2009; Максимчук и др., 2011). Тектономагнітні дослідження у роботі УАС «Академік Вернадський» розпочаті у 1998 р. Станом на 2017 р. мережа налічувала 26 пунктів спостережень, на яких з інтервалом 1—2 роки виконувались повторні тектономагнітні спостереження. Це дозволило виявити часові зміни локального магнітного поля, їх просторові особливості, встановити їх зв'язок з особливостями глибинної будови та геодинаміки регіону робіт (Максимчук, 2009; Maksymchuk et al., 2009). Однак питання природи виявлених тектономагнітних ефектів залишається відкритим.

В основу роботи покладено результати тектономагнітних та магнітоваріаційних спостережень на УАС «Академік Вернадський» та Антарктичному тектономагнітному полігоні. Використання магнітоваріаційних зондувань для вивчення сучасних геодинамічних процесів ґрунтується на гіпотезі про зміни питомого електричного опору гірських порід під дією тектонічних напружень та можливостях методу для їх виявлення. На УАС «Академік Вернадський» з 2006 р. виконується неперервна реєстрація

варіацій геомагнітного поля цифровими магнітоваріаційними станціями серії LEMAD та накопичені великі масиви даних спостережень. Нами розроблено комплекс програм, які забезпечують обробку магнітоваріаційних спостережень, дозволяють визначати компоненти вектора індукції та слідкувати за їх змінами у часі для широкого діапазону геомагнітних варіацій. Тектономагнітні спостереження, які виконуються у районі УАС з 1998 р. дозволили отримати доволі довгі часові ряди змін локального магнітного поля, природа яких пов'язується з тектонічними процесами у земній корі.

Метою роботи є дослідження ефективності та інформативності комплексу тектономагнітного та магнітоваріаційного моніторингу при вивченні сучасної геодинаміки Антарктичного півострова у районі УАС «Академік Вернадський».

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Вихідні дані та методика магнітоваріаційних спостережень

Електромагнітне поле Землі містить інформацію не лише про склад та будову літосфери, але і про геодинамічні процеси, що в ній протікають. Виявлення такої інформації представляє важливу наукову задачу. Геоелектромагнітні методи геофізики, серед яких важливе місце займає магнітоваріаційний (МВ), використовуються переважно для вивчення електричного опору гірських порід, його розподілу з глибиною та по латералі, що дає можливість досліджувати склад, фізичний стан та глибинну будову земної кори — верхньої мантії. Основний параметр, який при цьому розглядається — це так званий вектор індукції або вектор Візе, в закордонних публікаціях — індукційна стрілка. Поняття «вектор індукції» було введено Паркінсоном, Візе і Шмюкером (Parkinson, 1959, Wiese, 1965, Schmucker, 1970), перш за все як параметр для вивчення геоелектричних неоднорідностей в земній корі і верхній мантії. Вектори Візе спрямовані від провідника перпендикулярно напрямку надлишкових струмів в ньому.

Окрім вивчення геоелектричної будови земної кори і верхньої мантії, магнітоваріаційний метод

знаходить все ширше застосування для дослідження сейсмотектонічних процесів у літосфері та виявлення провісників землетрусів. Існує ряд наукових публікацій (Гульєльмо, Зотов, 2011; Мороз, Мороз, Моги, 2007; Widarto et al., 2008; Сучасна..., 2015), в яких обговорюються аномальні зміни в електромагнітному полі, пов'язані з землетрусами.

При цьому вивчаються зміни в часі вектора Візе шляхом проведення довготривалих магнітоваріаційних спостережень на окремих пунктах (обсерваторіях), або мережі пунктів. Значна увага цьому перспективному напрямку геоелектрики приділяється у США, Росії, Японії, Китаї. Значний досвід досліджень часових змін векторів Візе накопичено і в Україні. У Закарпатському сейсмоактивному прогині вивчення зв'язків їх аномальних часових змін з сейсмічним режимом в регіоні проводиться вже понад 20 років. Аналіз багаторічних рядів значень параметрів векторів Візе-Паркінсона, отриманих на Карпатському геодинамічному полігоні показав, що в них присутні варіації різної періодичності і походження: добові, сезонні та епізодичні, тривалістю від декількох тижнів до декількох місяців (Сучасна..., 2015).

У південній півкулі, через обмежену кількість магнітних обсерваторій (МО) та відсутність довгих рядів спостережень, варіації геомагнітного поля, у порівнянні з північною півкулею, мало досліджені. У цьому відношенні магнітна обсерваторія УАС «Академік Вернадський» (міжнародний код AIA) є унікальною, оскільки вона забезпечена найсучаснішою апаратурою, входить до світової мережі INTERMAGNET, має найдовший часовий ряд магнітних спостережень в Антарктиці та слугує базовим пунктом як для прив'язки будь-яких магнітометричних вимірів, так і для моніторингових спостережень (Структура..., 2017).

Для обробки були використані хвилинні дані магнітоваріаційних спостережень на магнітних обсерваторіях: AIA (УАС «Академік Вернадський») за 2001—2017 рр., PST (Порт Стенлі, Фолклендські острови) за 2003—2017 рр. та TRW (Трелью, Аргентина) за 2000—2017 рр., а також дані, отримані у грудні 2007 р. — лютому 2008 р. силами учасників сезонного загону 13-ї Української антарк-

тичної експедиції та зимівниками 12-ї експедиції на пунктах на острові Бархани (Barchans) та континенті — мис Расмуссен (Rasmussen) в районі розташування УАС «Академік Вернадський».

Обробка даних полягає у знаходженні так званих передавальних функцій (компонентами вектора індукції) A_{ω} , B_{ω} — коефіцієнтів лінійного зв'язку між ортогональними компонентами геомагнітних варіацій:

$$\delta Z_{\omega} = A_{\omega} \cdot \delta X_{\omega} + B_{\omega} \cdot \delta Y_{\omega}$$

де δZ_{ω} , δX_{ω} , δY_{ω} — амплітуди варіації періоду $T = 2\pi/\omega$ компонент Z , X , Y , відповідно, A_{ω} , B_{ω} — передавальні функції системи. Ці функції залежать тільки від частоти збуджуючої хвилі і не залежать від її поляризації.

В загальному випадку ці компоненти є комплексними величинами, хоча деякі автори з терміном вектор Візе пов'язують лише їх дійсні частини, у зв'язку з тим, що конкретний фізичний зміст може мати вектор, побудований на основі дійсних величин A і B (індекс ω надалі опускаємо). Такий вектор відносно точки спостереження вказує напрям від аномалії підвищеної електропровідності.

Методика робіт по вивченню часових змін вектора Візе полягає в проведенні неперервних магнітоваріаційних спостережень на одній або декількох станціях та побудові рядів компонент вектора індукції. Обчислення компонент векторів Візе за цифровими даними проводяться з використанням методики, викладеної у (Структура..., 2017).

Вихідні дані та методика тектономагнітних досліджень

Тектономагнітні спостереження у районі УАС «Академік Вернадський» виконуються з 1998 р. Мережа пунктів спостережень створювалась поступово, від 7 пунктів у 1998 р. до 26 пунктів у 2017 р. Враховуючи специфіку району робіт, тектономагнітні пункти закладались в основному на островах архіпелагу Аргентинські острови, на узбережжі Антарктичного півострова, фактично вздовж 2-х умовних напрямків (профілів): субширотно-

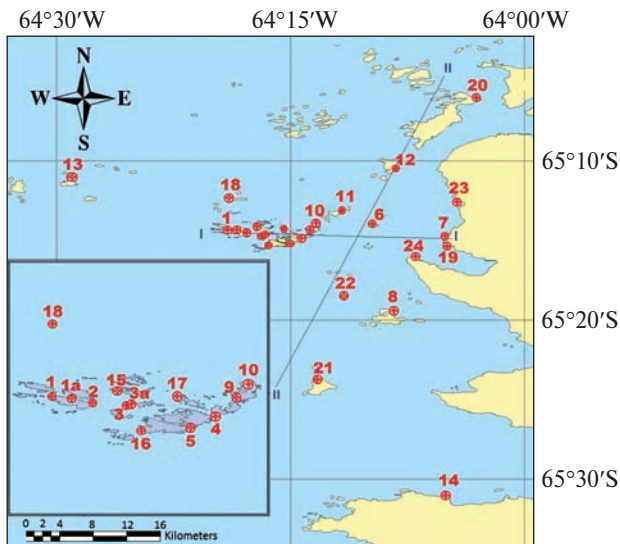


Рис. 1. Схема мережі пунктів Антарктичного тектономагнітного полігону

Fig. 1. Scheme of the Antarctic tectonomagnetic polygon observation points

го I острів Бархани – острів Расмуссен, субмеридіального II – острів Барселот – острів Пітерман (рис. 1).

Профіль острів Бархани – острів Расмуссен довжиною 11 км налічує 16 пунктів спостережень, перетинає із заходу на схід основні породоутворюючі комплекси і тектонічні структури берегової шельфової зони і виходить на Антарктичний півострів. Субмеридіальний профіль острів Барселот – острів Пітерман, довжиною 20 км, налічує 7 пунктів і проходить вздовж берегової лінії Антарктичного півострова. У якості базового пункту використовувалась магнітна обсерваторія «Аргентинські острови» (AIA). За весь період робіт на мережі пунктів з інтервалом від 1 до 3 років було проведено від 6 до 11 циклів повторних спостережень. Результати робіт, отримані у різні епохи спостережень регулярно публікувалися у різних журналах (Максимчук et al., 2009) доповідались на конференціях (Максимчук, 2009). Однак, оскільки ряди спостережень поступово нарощуються, отримуються нові дані про часові зміни локального магнітного поля, тому виникає потреба у їх подальшому аналізі та інтерпретації.

Методика тектономагнітних досліджень полягає у виконанні на закріпленій мережі пунктів синхронних з базовим пунктом вимірів модуля повного вектора геомагнітного поля F , знаходженні при цьому різнищевих відносно базового пункту поля ΔF , проведенні через певний часовий інтервал (місяці, роки) повторних спостережень та визначенні змін у часі поля ΔF – параметра $\Delta\Delta F$ (Максимчук et al., 2009). Враховуючи можливість проведення робіт виключно під час літніх сезонних експедицій, повторні виміри виконувались 1 раз на рік і були спрямовані на виявлення тривалих (більше 1 року) часових змін аномального магнітного поля.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз часових змін вектора Візе на УАС «Академік Вернадський»

В результаті обробки даних магнітоваріаційних спостережень на магнітній обсерваторії Аргентинські острови (AIA) за 2001–2017 рр. було отримано часові ряди компонент C_u (дійсна частина) і C_v (уявна частина) векторів Візе для діапазонів періодів $2,5^m$ – 5^m , 5^m – 10^m , 10^m – 20^m , 20^m – 40^m , 40^m – 60^m . В часових рядах C_u і C_v спостерігаються зміни, які мають коливний характер з різними періодами та амплітудами і епізодичні зміни різної тривалості та інтенсивності. Ряди компонент вектора Візе для періодів 40–60 та 5–10 хв. за 2001–2017 рр. показано на рис. 1.

Для діапазону періодів 40–60 хв. в компоненті А (напряма на північ) спостерігаються чіткі річні коливання з максимумами у зимовий період з аномальною ділянкою у 2015–2016 рр. Для компоненти В (східної) характерним є значно слабше виражений коливний рух і дві різко аномальні ділянки у 2010 та 2015–2016 рр. Для діапазону періодів 5–10 хв. спостерігається більша кореляція обох компонент у 2011–2015 рр.: чіткі річні коливання з максимумом у літні місяці для компоненти А і зимові місяці для компоненти В. Протягом 2008–2011 та 2015–2016 рр. у рядах А і В спостерігаються інтенсивні аномалії. Перша з них характеризується різким підвищенням дисперсії, а друга має бухтоподібну форму (рис. 2).

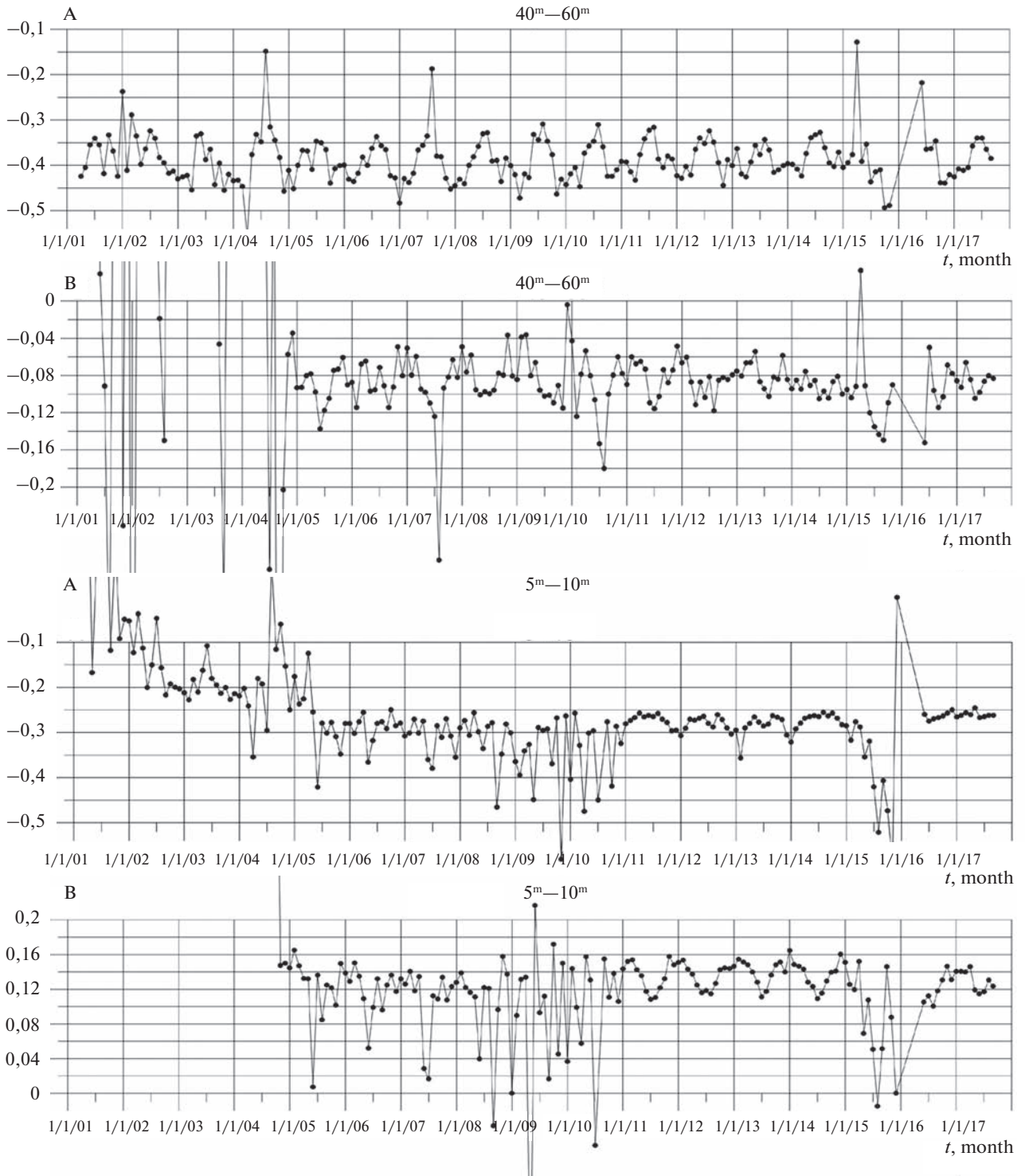


Рис. 2. Середньомісячні ряди компонент векторів індукції на МО АІА за 2001–2017 рр. для діапазонів періодів 40–60 хв. та 5–10 хв.

Fig. 2. Average monthly induction vector components series during 2001–2017 for periods ranges 40–60 min and 5–10 min

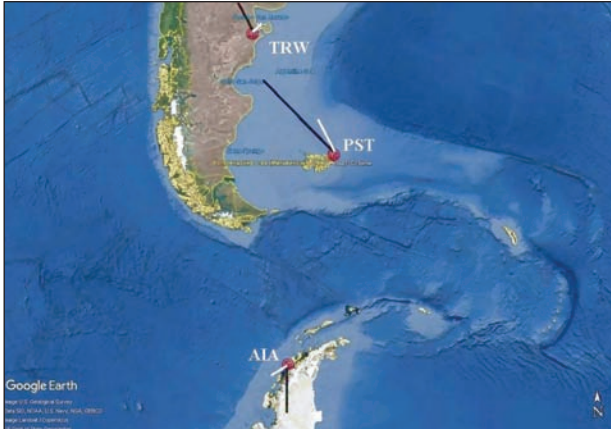


Рис. 3. Розташування МО AIA, PST і TRW та дійсні (чорний колір) і уявні (білий колір) вектори індукції для діапазону періодів 20–40 хв.

Fig. 3. Locations of MO AIA, PST and TRW and real (black) and imaginary (white) induction vectors periods range 20–40 min

Для подальшого аналізу змін коливного характеру були вибрані дані за 2011–2014 рр., оскільки в цей період не спостерігалось аномальних неперіодичних змін. Як бачимо (рис. 2), коливання компонент векторів індукції тут мають свої особливості. Компонента А у діапазоні періодів 40–60 хв. має чітко виражений максимум у зимовий період і мінімуми у весняний та осінній періоди, що «розмиває» загальну картину коливного процесу. Для діапазону періодів 20–40 та 10–20 хв. коливні зміни у цій компоненті відсутні, а на періодах 5–10 і 2,5–5 хв. коливний рух знову проявляється з максимумами у зимовий і мінімумами

у літній періоді. При чому, для коротших періодів амплітуда коливного руху збільшується.

Для компоненти В характерною ознакою є наявність коливного руху на всіх діапазонах періодів крім 40–60 хв., де вона виявляється трохи слабше. Максимальні значення спостерігаються у літні, мінімальні – у зимові місяці. Цікавим фактом є практична незмінність амплітуди коливань компоненти В, яка не залежить від величини самої компоненти. Середні значення величин компонент і амплітуд їх коливань за період 2011–2014 рр. приведено у таблиці.

Вважається, що особливості річних варіацій векторів індукції залежать від характеру геоелектричної неоднорідності середовища (Мороз, Мороз, 2012). Ймовірно, складний характер особливостей річних коливань векторів індукції, обчислених за даними спостережень на магнітній обсерваторії AIA свідчать про складну геоелектричну будову регіону.

Для порівняльного аналізу також були опрацьовані дані спостережень на магнітних обсерваторіях Порт Стенлі (PST, Фолклендські острови) за 2003–2017 рр. та Трелью (TRW, Аргентина) за 2000–2017 рр., які знаходяться на відстані від магнітної обсерваторії Аргентинські острови 1545 та 2440 км відповідно (рис. 3). Були побудовані часові ряди компонент векторів індукції для цих магнітних обсерваторій для діапазонів періодів 2,5^m–5^m, 5^m–10^m, 10^m–20^m, 20^m–40^m, 40^m–60^m (рис. 4).

В часових рядах компонент векторів індукції, обчислених за даними магнітоваріаційних спостережень на магнітних обсерваторіях PST і TRW

Таблиця. Середні значення величин компонент А і В та амплітуд їх коливань за період 2011–2014 рр.

Table. Average values of components and amplitudes of their fluctuations during 2011–2014

Діапазони періодів, хв.	Компонента А		Компонента В	
	Середня величина	Амплітуда коливань	Середня величина	Амплітуда коливань
40–60	–0,38304	0,10388	–0,08445	0,05075
20–40	–0,33139	0,04675	–0,02522	0,04731
10–20	–0,29407	0,03488	0,068323	0,044625
5–10	–0,2781	0,05375	0,1369	0,0482
2,5–5	–0,2691	–0,07	0,161031	0,046

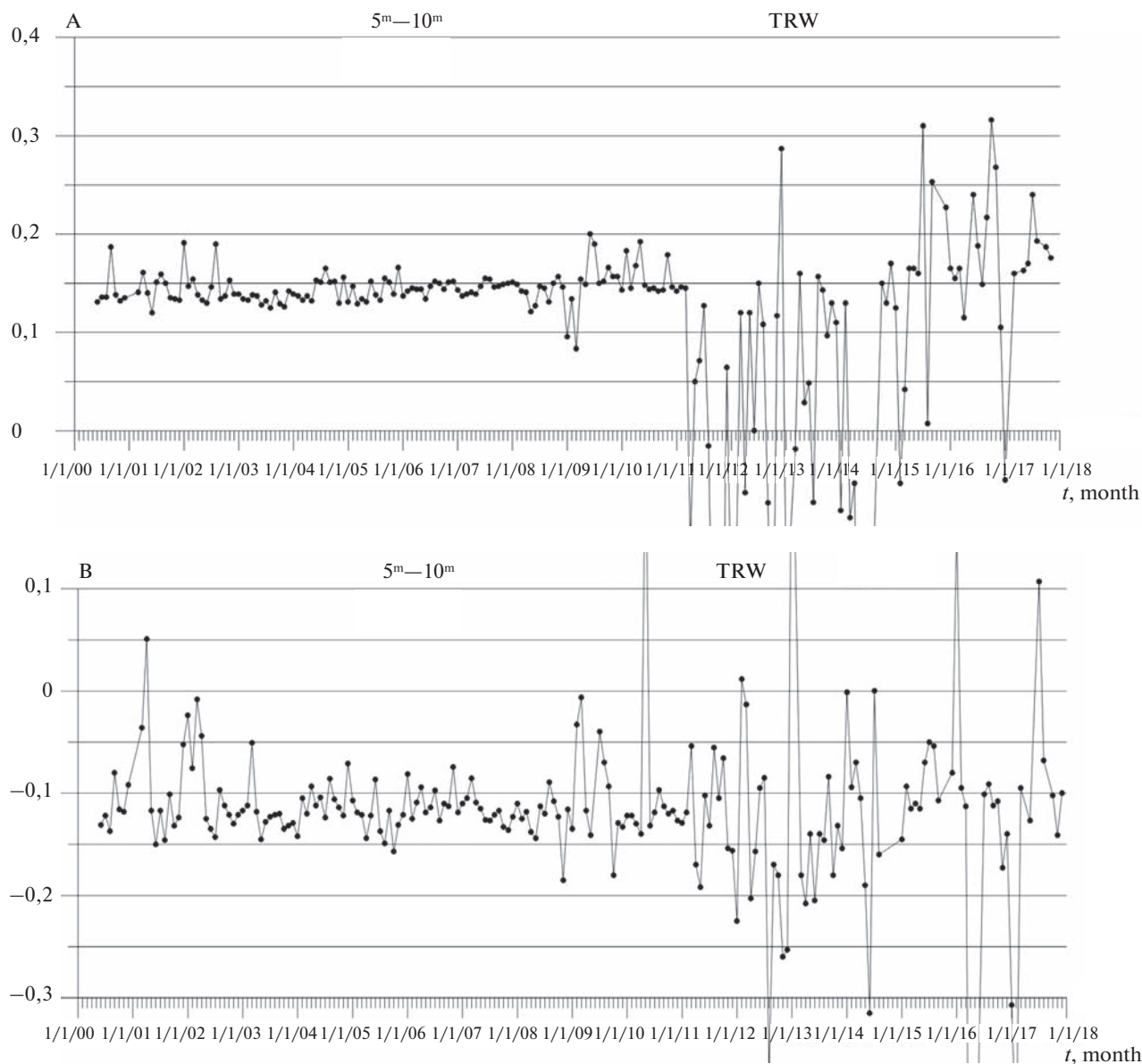


Рис. 4. Середньомісячні ряди компонент векторів індукції за 2000—2017 рр. для діапазону періодів 5—10 хв. за даними магнітоваріаційних спостережень на МО TRW

Fig. 4. Average monthly induction vector components series during 2000—2017 for periods ranges 5—10 min in accordance with MO TRW magnetic variations observations data

також спостерігаються зміни, які мають коливний характер з різними періодами та амплітудами і епізодичні зміни різної тривалості та інтенсивності.

Колівні зміни компонент векторів індукції з періодом один рік за даними магнітоваріаційних спостережень на кожній з розглянутих магніт-

них обсерваторій мають свої особливості. На обсерваторії TRW періодичні зміни компоненти А (з максимумами в літній період) спостерігаються лише для діапазону періодів 40—60 хв., тоді як коливні рухи компоненти В (з максимумами в зимовий період) — для діапазонів періодів 5—10,

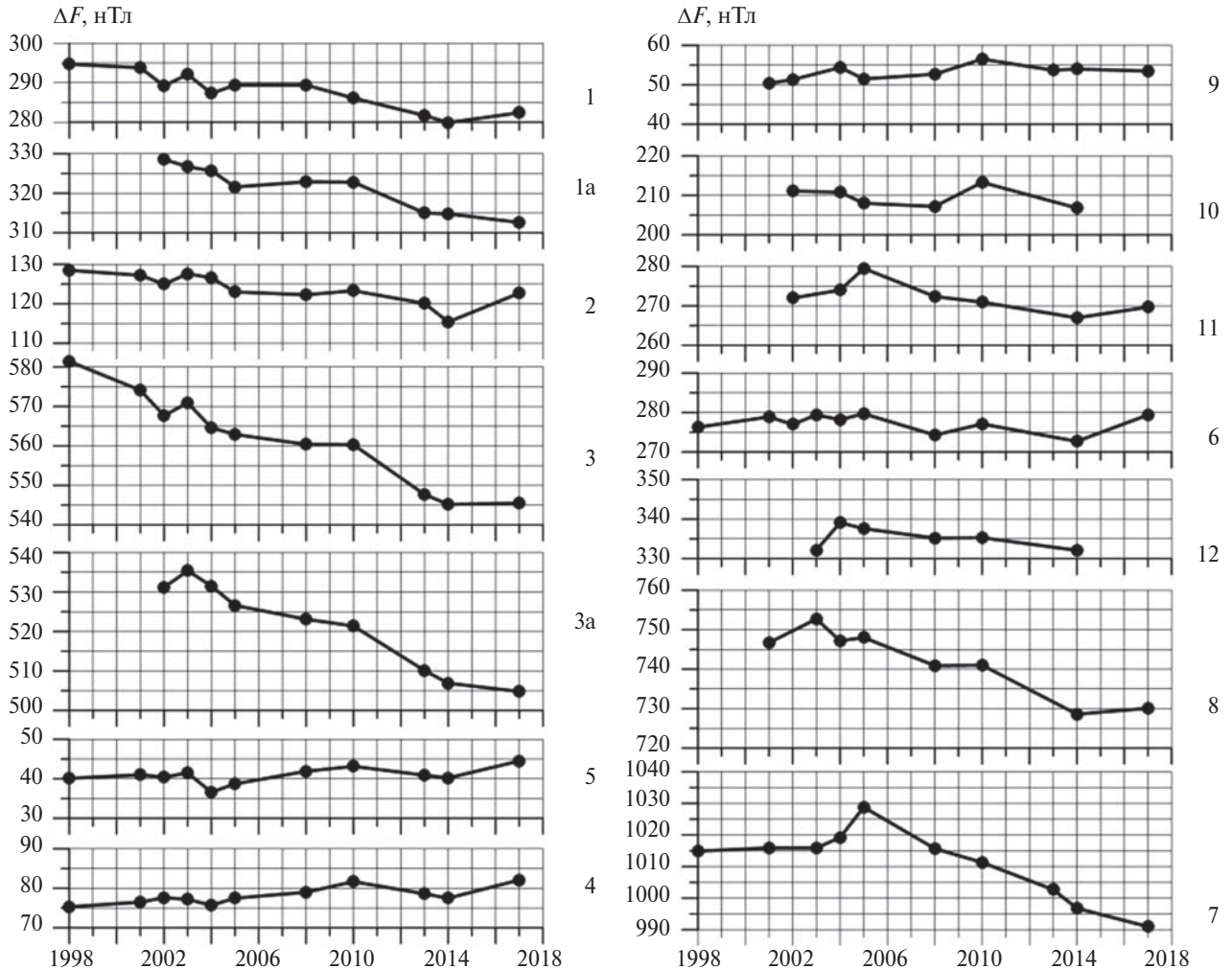


Рис. 5. Часові зміни різницевого поля ΔF на пунктах тектономагнітного полігону за 1998–2017 рр.

Fig. 5. Temporal variations of differential field ΔF in the tectonomagnetic polygon points (1998–2017)

10–20, 20–40 і 40–60 хв. На обсерваторії PST синхронні періодичні зміни компонент А і В (з максимумами в зимовий період) спостерігаються для діапазонів періодів 5–10, 10–20, 20–40 і 40–60 хв.

Цікаво, що епізодичні аномалії, які спостерігалися у часових рядах векторів індукції за даними МО АІА у 2010 та 2015 рр. спостерігаються також у часових рядах векторів індукції за даними МО TRW (рис. 4). Крім того, з рис. 2 видно, що напрям індукційних стрілок, побудованих за даними магнітоваріаційних спостережень МО АІА протилежний до напрямку індукційних стрілок, побудованих за даними магнітоваріаційних спостережень МО TRW і

МО PST. Ці результати свідчать на користь гіпотези про існування в земній корі (верхній мантії) на північ від Антарктичного півострова інтенсивної аномалії електропровідності (ймовірно в районі рифту Брансфілд) (Климкович, Максимчук, 2015).

Аналіз просторово-часової структури тектономагнітних аномалій на антарктичному тектонічному полігоні

Найдетальніше просторово-часові зміни поля ΔF досліджено вздовж профілю островів Бархани – островів Расмуссен. Результати тектономагнітних спос-

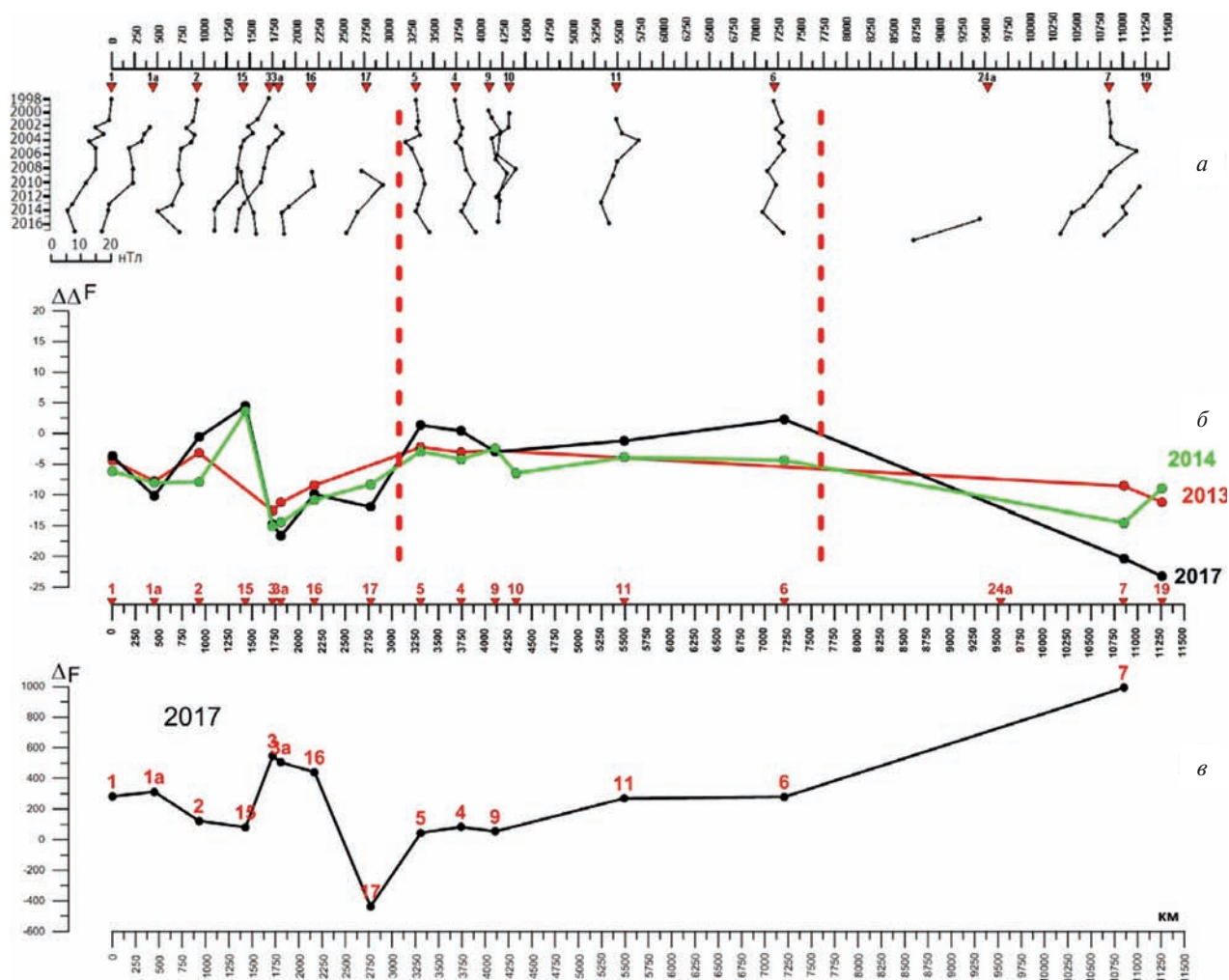


Рис. 6. Результати геомагнітних спостережень: *a* — часові зміни різницевого поля ΔF на пунктах; *b* — графіки поля $\Delta\Delta F$ за періоди 2010–2013, 2010–2014 та 2010–2017; *в* — розподіл поля ΔF вздовж профілю Бархани-Расмуссен

Fig. 6. Results of geomagnetic observations: *a* — temporal variations of differential field ΔF on the points; *b* — plots of $\Delta\Delta F$ field during 2010–2013, 2010–2014 and 2010–2017; *c* — distribution of ΔF field trough Barchans-Rasmussen profile

тережень по цьому профілю за весь період робіт представлені на рис. 5, де показані також графіки часових змін різницевого магнітного поля ΔF для кожного пункту окремо. Як видно із цього рисунку для багатьох пунктів часові зміни різницевого поля ΔF значно перевищують можливі похибки спостережень.

Аналіз графіків часових змін поля ΔF свідчить про певні закономірності їх просторово-часової структури. При цьому виділяються декілька пунктів з яскраво вираженим аномальним характером змін ΔF .

В загальному за морфологією, знаком тренду та інтенсивністю динаміки поля ΔF на профілі I-I Бархани – Расмуссен впевнено виділяють три групи пунктів: західну, центральну і східну.

Західна група пунктів на острові Бархани та острові Троє Поросят (п. 1, 1a, 2, 3, 3a) характеризується яскраво вираженим майже лінійним від'ємним трендом. Найінтенсивніші зміни ΔF тут спостерігаються на острові Троє Поросят, де на п. 3 вони за період 1998–2014 рр. досягли –36,2 нТл.

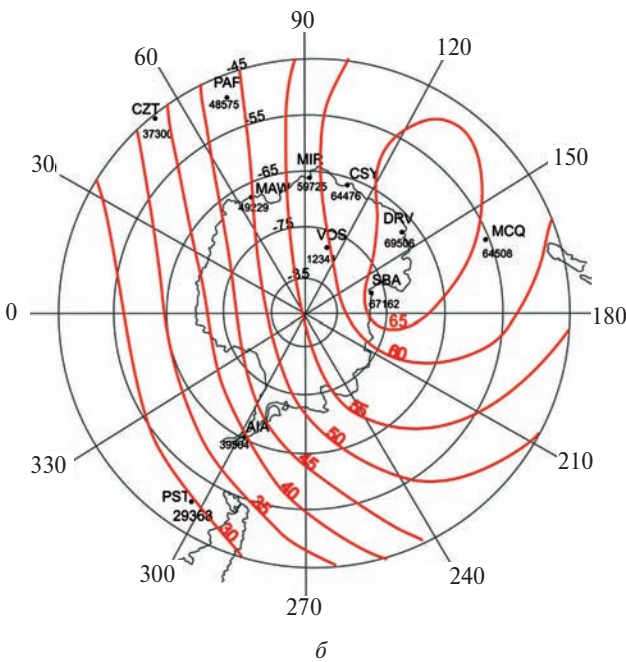
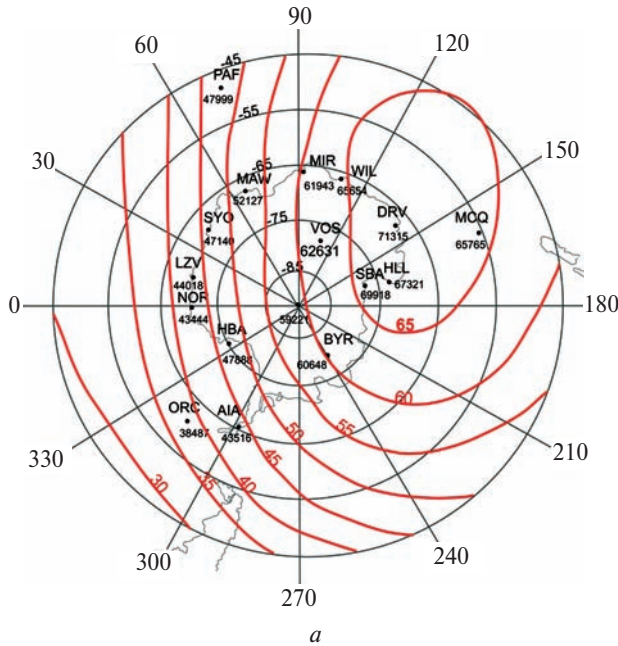


Рис. 7. Карта модуля повного вектора геомагнітного поля F Антарктики для 1960 р. (а) і 2000 р. (б) (Структура..., 2017). Ізолінії F в тисячах нТл

Fig. 7. Map of total geomagnetic field F vector of Antarctica in 1960 (a) and 2000 (b) (Structure..., 2017). The F isolines are in thousands of nT

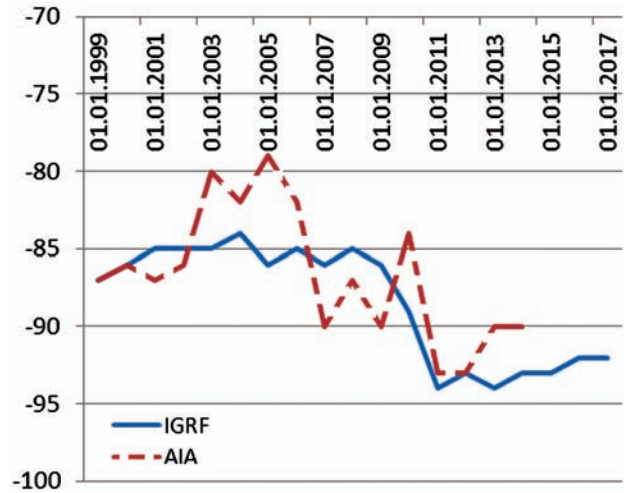


Рис. 8. Віковий хід магнітної обсерваторії (AIA) та розрахований за даними моделі (IGRF)

Fig. 8. Secular variations for magnetic observatory (AIA) and calculated on the base of model data (IGRF)

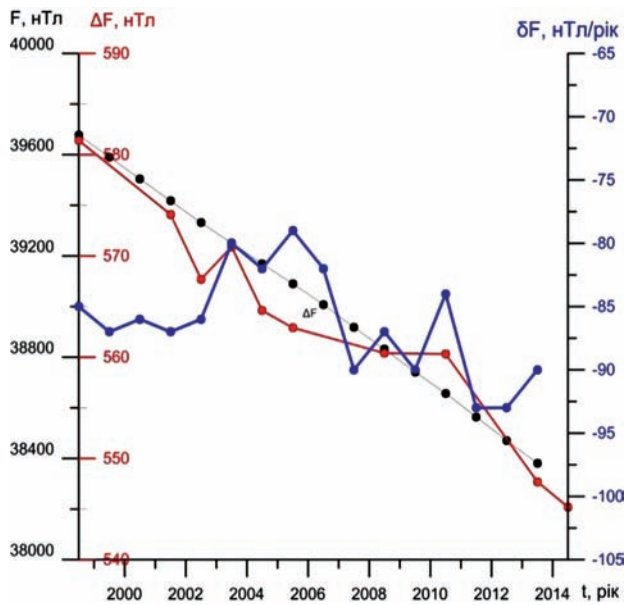


Рис. 9. Часові зміни геомагнітного поля ΔF на пункті № 3 на Антарктичному тектономагнітному полігоні, геомагнітного поля F та віковий хід δF на магнітній обсерваторії AIA

Fig. 9. Temporal variations of geomagnetic field ΔF at the point No. 3 on the Antarctic tectonomagnetic polygon, geomagnetic field F and secular variations δF in magnetic observatory AIA

Центральна група пунктів на островах Галіндез, Скуа, Ялур, Уругвай, Пітерман (п. 4, 5, 6, 9, 10, 12) характеризується незначними змінами поля ΔF , що коливаються відносно нульового горизонтального тренду практично в межах близьких до похибки ($\pm 1,5$ – 2 нТл).

Східна група пунктів (п. 8, 7) відрізняється своєю рідною морфологією: з майже без аномальним полем ΔF за 1998–2003 рр., та різким від'ємним трендом після 2004 р., де за 10 років поле ΔF зменшилось на 32 нТл (п. 7). Ця група пунктів розміщена на острові Барселот та мисі Расмуссен, тобто захоплює материкову частину полігону. Аналогічні зони виділяються також за аналізом розподілу тектономагнітних аномалій за різні часові інтервали вздовж профілю островів Бархани – острів Расмуссен (рис. 6, б).

Границя між цими блоками умовно проходить по лінії острів Скуа – острів Галіндез – острів Пітерман. Таке районування не суперечить геологічним даним, згідно з якими вздовж протоки Пенола в північно-східному напрямі простягається однойменний тектонічний розлом, який є одним із важливих елементів тектоніки регіону.

Окрім цього, за період 1998–2017 рр. по інтенсивності і характеру часових змін поля ΔF дуже помітно проявилась вузька зона в районі острова Троє Поросят (п. 3, 3а), де зафіксовані найбільш інтенсивні зміни аномального магнітного поля до $-36,2$ нТл, тобто в середньому -2 нТл/рік. Подібні різкі зміни поля характерні лише для активних тектонічних розломів, в яких відбуваються інтенсивні тектонічні процеси. За геологічними даними в районі острова Троє Поросят виділяється зона контакту вулканогенних порід з породами інтрузивного комплексу. У межах східної частини архіпелагу Аргентинські острови породи вулканічної групи представлені андезит-трахітами, порфіровими андезитами, кристалічними дацитовими туфами, дацитовою брекчією. В західній частині архіпелагу (острів Бархани) в основному поширені породи мезоранньокайнозойського комплексу, представлені переважно габро і гранодіоритами. Зона контакту вулканогенних порід з породами мезозойсько-ранньокайнозойсь-

кого інтрузивного комплексу проходить в районі островів Шелтер – Троє Поросят – Індикатор – Гротто і далі північніше – острів Уругвай. Власне, до цієї зони контакту, ширина якої досягає близько 1000 м, приурочена локальна аномалія ΔF близько 600 нТл, виявлена на острові Троє Поросят.

Для коректної інтерпретації динаміки локального магнітного поля необхідно врахувати особливості вікового ходу геомагнітного поля Землі у районі робіт. Як згадувалось вище, згідно із загальноприйнятою методикою тектономагнітних спостережень, у якості базового пункту, відносно якого знаходиться різницеве поле ΔF , використовувалась магнітна обсерваторія АІА, розташована на УАС «Академік Вернадський». При такій методиці робіт постулюється незмінність локального поля на магнітній обсерваторії.

Віковий хід геомагнітного поля – зміна середньорічних значень компонент магнітного поля, генерується в основному у земному ядрі. Однак, вони також містять складову літосферного походження, викликану фізико-хімічними процесами у земній корі. Вікові варіації, як відомо, можуть впливати на індуктивну намагніченість гірських порід і створювати таким чином локальні аномалії вікового ходу у зонах розташування інтенсивних магнітних аномалій. Можливий також вклад вікового ходу у динаміку локального поля за рахунок просторового градієнту вікового ходу у районі робіт. Просторова структура вікового ходу вивчається переважно за даними магнітних обсерваторій, а також за моделями міжнародного магнітного поля (IGRF). Мережа діючих магнітних обсерваторій у регіоні Антарктики є доволі незначною – 12 обсерваторій станом на 2017 рік. Тому просторова структура вікового ходу у Антарктиці, як правило, представляється у вигляді карт IGRF (Структура..., 2017). Карта модуля вектора магнітного поля F для Антарктики для епохи 1960 і 2000 рр. наведена на рис. 7.

Максимальні значення вікового ходу F – фокус вікового ходу (до ~ 80 нТл/рік) охоплює північно-східну частину Антарктиди та частину Індійського океану. У районі УАС «Академік Вернадський» віковий хід поля T доволі спокійний і

досягає у 2000 р. близько – 80 нТл/рік. Градієнт вікового ходу максимальний у північно-західному напрямку і складає 20 нТл/10 град (0,1 нТл/км). Очевидно, що при відстані до базового пункту 10 км, зміни ΔT за рахунок відстані до базового пункту не перевищувала 1,0 нТл.

Віковий хід геомагнітного поля F на обсерваторії АІА показано на рис. 8. Його різкі зміни спостерігаються у 2004 р. (майже – 10 нТл по відношенню до 2005 р.), а також у 2011 р. (–8 нТл по відношенню до 2010 р.). Проте графік поля SV за моделлю IGRF демонструє майже спокійний без аномальний хід на рівні –85 нТл/рік за період 1999–2009 рр. та – 93 нТл з 2011 р. На інтервалі 1999–2011 рр. та в полі SV за моделлю IGRF спостерігається різке, майже стрибкоподібне збільшення амплітуди вікового ходу T від –85 нТл/рік до 93 нТл/рік.

Аналіз матеріалів спостереження за останні роки свідчить, що при незмінному напрямку вектора вікового ходу і незначних коливаннях його амплітуди, в часових змінах локального магнітного поля спостерігаються аномалії різних знаків та інтенсивності. Для аналізу можливого впливу вікових варіацій геомагнітного поля на динаміку тектономагнітних аномалій розглянемо дані спостережень на пункті 3 – найбільш аномальному пункті профілю Бархани-Расмуссен, де виявлено тектономагнітну аномалію до –36,2 нТл за період спостережень 1998–2014 рр. і на якому аномальне магнітне поле досягає біля 600 нТл.

Як можна помітити із рис. 9 на перший погляд спостерігається видима кореляція змін у часі поля ΔF із змінами середньорічних значень поля F на магнітній обсерваторії АІА. Проте співставлення ΔF з віковим ходом δF на АІА такої кореляції не виявляє. Так, доволі різкі зміни ΔF у 1998–2002 рр. супроводжуються спокійним віковим ходом δF на рівні –87 нТл/рік. У окремих випадках різкі зміни δF співпадають з різкими змінами ΔF (2002, 2010 рр.), у інших такої кореляції не спостерігається (2007, 2010–2014 рр.). У роботі (Максимчук et al., 2009) нами вже були виконані теоретичні розрахунки підмагнічуючого ефекту у часові зміни локального магнітного поля, абсолютна величина якого для

геолого-геофізичних умов оцінюється на рівні 10–20 % від амплітуди спостережених тектономагнітних аномалій.

Все це дозволяє зробити висновок про незначний вклад вікових варіацій геомагнітного поля у ΔF .

Порівняльний аналіз результатів тектономагнітних та магнітоваріаційних спостережень у районі УАС «Академік Вернадський»

При проведенні порівняльного аналізу часових рядів магнітоваріаційних та тектономагнітних параметрів у районі УАС «Академік Вернадський» виникають певні труднощі, пов'язані перш за все з особливостями методики спостережень.

Магнітоваріаційні спостереження виконували на стаціонарній магнітній обсерваторії АІА, розташованій на УАС «Академік Вернадський», з дискретністю вимірів компонент X , Y , Z , 1 вимір/сек. Ці дані опрацьовувались, за описаною вище методикою, з подальшим визначенням середньодобових, середньомісячних значень компонент вектора Візе.

Тектономагнітні спостереження виконувались епізодично, через 1–2 і більше років протягом 30–60 хв., з отриманням різницевого поля ΔF , яке приймалось за середньорічне для епохи спостережень. Окрім цього, тектономагнітні спостереження виконувались на мережі пунктів навколо УАС на доволі великій території ~500 кв. км. Виявлені тектономагнітні аномалії характеризуються певними просторово-часовими характеристиками, які описані вище. Вони приурочені до окремих геологічних структур і інтерпретувались нами як результат впливу сучасних геодинамічних процесів у земній корі регіону.

У часових рядах вектора Візе були виявлені аномальні ефекти, які також пов'язуються з впливом сейсмотектонічних процесів у земній корі. На рис. 10 приведені графіки часових змін локального магнітного поля на найбільш аномальній ділянці тектономагнітного полігону – п. 3, острів Троє Поросят, а також часовий ряд компо-

ненти векторів індукції на АІА. На перший погляд кореляція між цими кривими відсутня. В часовому ході ΔF бачимо довготривалі, з 1998 по 2014 рр. доволі інтенсивні, майже лінійні зміни 2,5 нТл/рік. Проте, детальний аналіз графіку ΔF дозволяє розділити його на 4 частини: 1-й – 1998–2004 рр., де тренд ΔF був доволі значний $\sim 2,5$ нТл/рік; 2-й – 2005–2010 рр. з майже нульовим трендом; 3-й – 2010–2014 рр. – різкі зміни ΔF – 5 нТл/рік; 4-й – 2014–2017 – зміна знаку тренду (поле ΔF не змінюється). На графіках часових змін компонент А вектора індукції для діапазону періодів 5–10^m досить виразно виділяються аномальні зміни у 2004–05, 2009–10 і 2015 рр. Найінтенсивніша аномалія в А-компоненті на періоді 5–10^m спостерігається в інтервалі 2009–2010 р. і досягає майже 0,4.

Всі три виділені аномалії А-компонент повністю співпадають з періодами зміни тренду на графіку ΔF . Такі ж зміни тренду ΔF спостерігаються і на інших пунктах тектономагнітних спостережень: 3а, 1, 1а, 2, 7, 8 (рис. 5). Таке співпадіння, очевидно, не є випадковим. Різкі зміни ΔF пояснюються змінами інтенсивності та напрямків тектономагнітних напружень (Структура..., 2017).

Кореляція у часі тектономагнітних та магнітоваріаційних ефектів на близько розташованих пунктах спостережень, відстань між якими не перевищує 10 км, може свідчити про їх спільне походження. Таким спільним чинником, зважаючи на різну фізичну природу тектономагнітних і магнітоваріаційних ефектів, можуть бути лише сейсмотектонічні процеси, коли відбуваються інтенсивні зміни тектонічних напружень, що у свою чергу призводять до змін магнітних та електричних властивостей гірських порід.

Питання зв'язків аномалій у часових рядах геофізичних полів з тим чи іншим землетрусом як правило розглядається з позицій просторово-часового зв'язку. При цьому основними параметрами розглядається магнітуда землетрусу та відстань до його епіцентру.

Сейсмічність західного узбережжя Антарктичного півострова досліджується порівняно недавно, лише на протязі останніх десятиліть. Вважа-

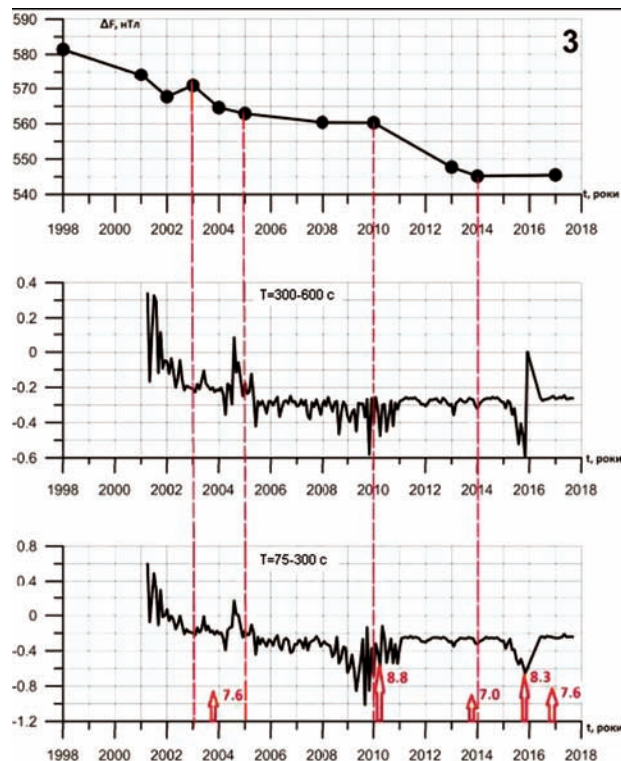


Рис. 10. Часові зміни локального магнітного поля на п. 3 Антарктичного тектономагнітного полігону та компоненти А векторів індукції на магнітній обсерваторії АІА

Fig. 10. Temporal variations of local magnetic field on the point No. 3 of Antarctic tectonomagnetic polygon and A components of induction vectors in AIA observatory

ється, що сейсмічна активність на Антарктичному півострові, включно з районом острова Десепшен і протокою Брансфілд (субдукційною зоною) є найвищою в Антарктиці.

За досліджений часовий інтервал землетруси з магнітудою $M > 5$ відбувалися лише у районі субдукційної зони Брансфілд, Південно-Шетландських островів, Південно-Сандвічевої острівної дуги. Район наших тектономагнітних досліджень розташований у південно-західному напрямку на відстані 200 км від острова Десепшен, поблизу якого закінчується рифтова зона Брансфілд.

Виходячи із емпіричних співвідношень між магнітудою землетрусу та радіусом його провісника R (Сковородкин, 1985) $\lg R = 0,45 M + 0,04$, очікувати тектономагнітний ефект для землетрусу $M = 6$ можна на відстані до 150 км, при $M = 7$ –

на відстані до 500 км. Отже, очікувати прямого впливу землетрусів вказаної зони на зміну напруженого стану земної кори у районі УАС можна лише від сильних землетрусів з $M > 7$.

Співставлення графіків часових змін геомагнітного поля та компонент вектора Візе на УАС «Академік Вернадський» з сейсмічною активністю показує, що виділені нами аномальні ефекти 2005, 2010 і 2015 р. у часі приблизно відповідають сильним землетрусам з $M \approx 8$, які мали місце у регіоні Західної Антарктики – півдня Південної Америки (рис. 10). Оскільки період підготовки сильного землетрусу є тривалим, наприклад, для землетрусу з $M = 7$ він складає 3467 днів ≈ 9 років, говорити про зв'язок аномальних ефектів з конкретним землетрусом не доводиться. Виділені тектономагнітні та магнітоваріаційні аномальні ефекти, на нашу думку, відображають складний характер змін тектонічних напружень у земній корі у регіональному масштабі, за рахунок їх впливу на магнітні та електричні неоднорідності у верхній частині земної кори регіону.

Виконаний порівняльний аналіз результатів тектономагнітних та магнітоваріаційних досліджень у районі УАС «Академік Вернадський» дозволяє виробити методологію комплексного тектономагнітоваріаційного моніторингу сейсмотектонічних процесів у регіоні. Зазначені методики дозволяють з різних сторін підійти до вивчення сучасної динаміки літосфери та поєднати їх можливості.

Висока детальність у часі режимних магнітоваріаційних спостережень дозволяє виявити різні за тривалістю (дні, місяці, роки) компонент вектора Візе. За даними спостережень на УАС «Академік Вернадський» бачимо, що станція реагує на інтенсивні сейсмотектонічні процеси у літосфері на відстані 500 км і більше (рифт Брансфілд, море Скоша). Тектономагнітний метод дозволяє вивчати аномальні зони, в яких відбуваються активні геодинамічні процеси або які є чутливими до геодинамічних процесів у літосфері на певних відстанях. Недоліком цього методу є те, що в умовах Антарктиди, при дискретних повторних спостереженнях (1 раз на рік) на пунктах полігону,

можна вивчати лише довготривалі (більше 1 року) ефекти.

Поєднання магнітоваріаційних режимних спостережень з дискретними тектономагнітними дозволяють спостерігати у часі розвиток аномальних змін геоелектромагнітних параметрів середовища та локалізувати у просторі район активізації сейсмотектонічних процесів. Таким чином, методика комплексних моніторингових досліджень складається із наступних елементів:

1. Неперервні комплексні магнітоваріаційні спостереження з дискретністю 1 секунда з використанням МВС (магнітоваріаційної станції) типу LEMAD.

2. Дискретні магнітометричні спостереження (1–2 цикли у рік) на мережі тектономагнітних пунктів Антарктичного полігону.

3. Тимчасові (на протязі 1–2 місяців) магнітоваріаційні спостереження в окремих (аномальних) зонах Антарктичного полігону.

Тектономагнітний та магнітоваріаційний моніторинг необхідно виконувати у комплексі з іншими методами, перш за все сейсмічними, а також вивченням сучасних вертикальних та горизонтальних рухів земної кори.

ВИСНОВКИ

За результатами багаторічного тектономагнітного та магнітоваріаційного моніторингу у районі УАС «Академік Вернадський» виявлено інтенсивні часові зміни локального магнітного поля – тектономагнітні аномалії, а також часові зміни параметрів електромагнітної індукції. Просторова структура тектономагнітних аномалій узгоджується з елементами геологічної будови.

У часових рядах вектора Візе спостерігаються аномальні зміни періодичного та неперіодичного (епізодичного) характеру, природа яких пов'язана відповідно з зовнішніми джерелами та сейсмотектонічними процесами у літосфері.

Найбільш інтенсивні аномальні зміни вектора Візе корелюють із сейсмічною активністю регіону і у часі співпадають з сильними землетрусами ($M \geq 8$) у районі зон субдукції плит Скоша, Антарктичної та Південно-Американської. Виявле-

на кореляція між тектономагнітними ефектами на Антарктичному геодинамічному полігоні та аномальними ефектами у часових рядах вектора Візе. Комплекс тектономагнітного та магнітоваріаційного моніторингу, очевидно, є органічним і дозволяє у поєднанні з сейсмічним та іншими геофізичними методами, вивченням сучасних рухів земної кори, отримати надійну інформацію про геодинаміку регіону Антарктичного півострова.

Робота виконувалась за науково-дослідною темою «Комплексний магнітоваріаційний та тектономагнітний моніторинг сучасної геодинаміки земної кори західного схилу Антарктичного півострова» по договору з Державною установою Національний антарктичний науковий центр Міністерства освіти і науки України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гульельми А.В., Зотов О.Д. Связь электромагнитных волн РС1 с землетрясениями. *Физика Земли*. 2011. № 6. С. 28–34.
2. Климкович Т.А., Городиський Ю.М., Кузнецова В.Г., Максимчук В.Ю. Дослідження часових змін параметрів векторів індукції у Закарпатському сейсмоактивному прогині. *Геофізичний журнал*. 2009. № 6, т. 31, С. 147–152.
3. Климкович Т.А., Максимчук В.Ю. Магнітоваріаційний моніторинг на УАС Академік Вернадський. *Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети, VII Міжнародна Антарктична конференція*, 12–14 травня 2015, м. Київ, С. 18–19.
4. Максимчук В.Ю. Вивчення особливостей тектоніки та сучасної геодинаміки земної кори Західного узбережжя Антарктичного півострова за результатами тектономагнітних досліджень. *IV Міжнародна антарктична конференція «III Міжнародний полярний рік 2007–2008: результати та перспективи»*, м. Київ, 12–14 травня 2009, С. 25–27.
5. Максимчук В.Ю., Городиський Ю.М., Кузнецова В.Г. *Динаміка аномального магнітного поля Землі*. Львів: Євро світ, 2001. 308 с.
6. Максимчук В.Ю., Климкович Т.А., Городиський Ю.М., Трегубенко В.И., Кузнецова В.Г., Якас Ю.В. Результаты исследований временных изменений векторов индукции на Карпатском геодинамическом полигоне. *Материалы Пятой всероссийской школы-семинара имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли*. – ЭМЗ-2011, Книга 1, Санкт-Петербург, 16–21 мая, 2011, С. 249–252.
7. Мороз Ю. Ф., Мороз Т. А. Аномалии электрического поля и электропроводности земной коры в связи с Култукским землетрясением на оз. Байкал. *Физика Земли*. 2012. № 5. С. 64–76.
8. Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А., Моги Т. Методика и результаты мониторинга естественного электрического поля Земли в Байкальской рифтовой зоне. *Физика Земли*. 2007. № 11. С. 37–49.
9. Бахмутов В.Г., Третьак К.Р., Максимчук В.Ю., Глозов В.М., Греку Р.Х., Єгорова Т.П., Залізівський А.В., Колосков О.В., Корчагін І.М., Проненко В.О. *Структура і Динаміка геофізичних полів у Західній Антарктиці*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 320 с.
10. К.Р. Третьак, В.Ю. Максимчук, Р.Ф. Кутас, І.І. Рокитянський, О.М. Гнилко, О.В. Кендзера, Р.С. Пронишин, Т.А. Климкович, В.Г. Кузнецова, Д.О. Марченко, О.М. Смірнова, О.В. Серант, В.І. Бабак, А.І. Вовк, В.В. Романюк, А.В. Терешин; за заг. ред. К.Р. Третьака, В.Ю. Максимчука, Р.І. Кутаса. *Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 420 с.
11. Maksymchuk, V.Yu., Bahmutov, V.G., Gorodysky, Yu.M., Chobotok, I.O. 2009. Results and perspectives of tectonomaгnetic investigations in the Western Antarctic. *Annals of geophysics*. Volume 52, 1, 35–43.
12. Mogi, T., Takada, M. 2002. Geomagnetic transfer function change associate with a large earthquake in eastern Hokkaido, Japan. *Moscow Workshop. III International Workshop on Magnetic, Electric and Electro Magnetic Methods in seismology and Volcanology MEEMSV-2002*, 175.
13. Parkinson, W.D. 1959. Direction of rapid geomagnetic fluctuations. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 2. 1-14.
14. Schmucker, U. 1970. Anomalies of geomagnetic variations in the southwestern United States. *Bull. of the Scripps Institute of Oceanography University of California*, 13, 13, 32.
15. Widarto, D.S., Mogi, T., Tanaka, Y., Nagao, T., Hattori, K., Uyeda, S. 2008. Co – seismic geoelectrical potential changes associated with the June 4, 2000's earthquake (Mw7.9) in Bengkulu, Indonesia. *J. Physics and Chemistry on the Earth*, 152–163.
16. Wiese, H. 1965. *Geomagnetische Tiefentelluric*. Berlin: Akad. Verlag.
17. Zeng, X.P., Lin, Y. F. 1992. The response of anomalous shortperiod eomagnetic variations to moderate-strong earthquakes in China. *J. Earthq. Pred. Res.*, 2105, 114.

REFERENCES

1. Hulelmy, A.V., Zotov, O.D. 2011. Sviaz elektromagnitnykh voln Rs1 s zemletriaseniyami [Relation of electromagnetic waves Rs1 with earthquakes]. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 6, 28–34.

2. Klymkovych, T.A., Horodyskyi, Yu.M., Kuznetsova, V.H., Maksymchuk, V.Yu. 2009. Doslidzhennia chasovykh zmin parametriv vektoriv induktsii u Zakarpatskomu seismoaktyvnomu prohyni [Investigations of induction vectors temporal variations in the Carpathian active seismic back-deep] *Heofyz. Zhurnal* [Geophysical Journal], 6, 147–152.
3. Klymkovych, T.A., Maksymchuk, V.Iu. 2015. Mahnitovariatsiinyi monitorynh na UAS Akademik Vernadskyi [Magnetic variations monitoring on the UAS Akademik Vernaskyi]. *Antarktychni doslidzhennia: novi horyzonty ta priorityty, VII Mizhnarodna Antarktychna konferentsiia*, 12–14 travnia 2015, Kyiv, 18–19.
4. Maksymchuk, V. 2009. Vyvchennia osoblyvosti tektoniky ta suchasnoi heodynamiky zemnoi kory Zakhidnoho uzberezhzhia Antarktychnoho pivostrova za rezultatamy tektonomahnitnykh doslidzhen [Studies of tectonics and recent Earth's crust geodynamics of Western Antarctic Peninsula slope on the base of tectonomagnetic investigations]. *IV Mizhnarodna Antarktychna Konferentsiia «III Mizhnarodnyi poliarnyi rik 2007–2008: rezultaty ta perspektyvy»*, Kyiv, 12–14 travnia 2009. 25–27.
5. Maksymchuk, V.Yu., Horodyskyi, Yu.M., Kuznetsova, V.H. 2001. *Dynamika anomalnoho mahnitnoho polia Zemli* [Earth's anomalous magnetic field dynamics]. Lviv: Yevro svit.
6. Maksymchuk, V.E., Klymkovych, T.A., Horodyskyi, Yu.M., Trehubenko, V.Y., Kuznetsova, V.H., Yakas, Yu.V. 2011. Rezultaty issledovanyi vremennykh izmenenyi vektorov induktsiyi na Karpatskom heodinamycheskom poligone [The results of induction vectors temporal variations investigations on the Carpathian geodynamic polygon]. *Materyaly Piatoi vserossyiskoi shkoly-seminara ymeny M.N. Berdychevskoho y L.L. Vaniana po elektromahnytnym zondyrovanyiam Zemly*. ЭМЗ-2011, Knyha 1, Sankt-Peterburh, 16–21 maia, 2011, 249–252.
7. Moroz, Yu. F., Moroz, T. A. 2012. Anomalii elektricheskogo polia i elektroprovodnosti zemnoj kory v sviazi s Kultuksym zemletriaseniem na oz. Baikal [Electric field and electric conductivity anomalies connected with Kultuk earthquake in the location of Bajkal lake]. *Fizika Zemli* [Physics of the Solid Earth], 5, 64–76.
8. Moroz, Yu.F., Moroz, T.A., Mohy, T. 2007. Metodika i rezultaty monitoringa estestvennogo elektricheskogo polia Zemli v Baikalskoi riftovoi zone [Methodology and results of Earth's natural electric field monitoring in the Bajkal rift zone]. *Fyzyka Zemly* [Physics of the Solid Earth], 11, 37–49.
9. Bakhmutov, V.H., Tretiak, K.R., Maksymchuk V.Iu., Hlotov V.M., Hreku R.Kh., Yehorova T.P., Zalizovskyi A.V., Koloskov O.V., Korchahin I.M., Pronenko V.O. 2017. *Struktura i Dynamika heofizychnykh poliv u Zakhidnii Antarktytsi: monohrafiia* [Structure and dynamics of geophysical fields in Western Antarctica], Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. 320.
10. Tretiak, K.R., Maksymchuk, V.Iu., Kutas, R.F., Rokytianskyi, I.I., Hnylko, O.M., Kendzera, O.V., Pronyshyn, R.S., Klymkovych, T.A., Kuznetsova, V.H., Marchenko, D.O., Smirnova, O.M., Serant, O.V., Babak, V.I., Vovk, A.I., Romaniuk, V.V., Tereshyn A.V.; za zah. red. Tretiaka, K.R., Maksymchuka, V.Iu., Kutasa. R.I. 2015. *Suchasna heodynamika ta heofizychni polia Karpat i sumizhnykh terytorii: monohrafiia* [Recent geodynamics of Carpathians and adjacent territories geophysical fields]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 420. ISBN 978-617-607-763-3.
11. Maksymchuk, V.Yu., Bahmutov, V.G., Gorodysky, Yu.M., Chobotok, I.O. 2009. Results and perspectives of tectonomagnetic investigations in the Western Antarctic. *Annals of geophysics*. 52, 1, 35–43.
12. Mogi, T., Takada, M. 2002. Geomagnetic transfer function change associate with a large earthquake in eastern Hokkaido, Japan. *Moscow Workshop. III International Workshop on Magnetic, Electric and Electro Magnetic Methods in seismology and Volcanology MEEMSV-2002*, 175.
13. Parkinson, W.D. 1959. Direction of rapid geomagnetic fluctuations. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 2, 1–14.
14. Schmucker, U. 1970. Anomalies of geomagnetic variations in the southwestern United States. *Bull. of the Scripps Institute of Oceanography University of California*. 13, 32.
15. Widarto, D.S., Mogi, T., Tanaka, Y., Nagao, T., Hattori, K., Uyeda, S. 2008. Co – seismic geoelectrical potential changes associated with the June 4, 2000's earthquake (Mw 7.9) in Bengkulu, Indonesia. *J. Physics and Chemistry on the Earth*, 152–163.
16. Wiese, H. 1965. *Geomagnetische Tiefentelluric*. Berlin: Akad. Verlag.
17. Zeng, X.P., Lin, Y. F. 1992. The response of anomalous shortperiod eomagnetic variations to moderate-strong earthquakes in China. *J. Earthq. Pred. Res*, 2105, 114.

Yu. Maksymchuk^{1,*}, I. O.Chobotok¹, T. A.Klymkovych¹, R. S. Kuderavets¹, E. F. Nakalov¹, Y. S.Otruba²

¹ Carpathian branch of S. I. Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv

² State Institution National Antarctic Scientific Center of Ukraine, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv

* Corresponding author: vmaksymchuk@cb-igph.lviv.ua

COMPLEX MAGNETOVARIAATIONAL AND TECTONOMAGNETIC MONITORING OF RECENT GEODYNAMICS IN THE WESTERN SLOPE OF THE ANTARCTIC PENINSULA

ABSTRACT. **Aim** – investigations of effectiveness and information value of tectonomagnetic and magnetic-variations monitoring complex to study the recent geodynamics of Antarctic Peninsula in the location of Akademik Vernadsky station. **Methodology.** The methodology provides long-term magnetic variations observations on the Akademik Vernadsky station. On the base of observations electromagnetic induction vector components (Wise vector) are processing in the range 2.5–60 min. Series of this parameters temporal variations are developing. Tectonomagnetic observations are performed on the stationary network of observational points on the Antarctic geodynamic polygon and then, tectonomagnetic anomalies (increasing of a local magnetic field among observational epochs-total magnetic field vector module) is defined. The nature of tectonomagnetic anomalies usually is connected with variations of tectonic tensions. Compounding of magnetic variations and tectonomagnetic observations allows to upgrade certainty of tectonophysics interpretation of geophysical and geological data for investigations of Antarctic Peninsula recent geodynamics. **Results.** The results of tectonomagnetic and magnetic variations observations on the Akademik Vernadsky station in the location of Antarctic tectonomagnetic polygon during 1998–2017 yrs. were analyzed and generalized. Temporal variations of Wise electromagnetic induction vectors and local geomagnetic field variations were investigated. Anomalous effects in tectonomagnetic variations and Wise vectors temporal variations, caused by seismotectonic processes in the region's lithosphere were defined. Comparative analyses of tectonomagnetic and magnetic variations data was done. Also was justified possibility their complex for monitoring of recent seismotectonic processes in the location of Akademik Vernadsky station. **Conclusions.** Complex analyses of long-term tectonomagnetic field and magnetic variations parameters on the Akademik Vernadsky station was done. Correlation between tectonomagnetic effects on the Antarctic geodynamic polygon and anomalous effects in Wise vectors temporal series was defined. Such complex of tectonomagnetic and magnetic variations monitoring is organic and allows to obtain reliable information about Antarctic Peninsula geodynamics in connection with seismic and other geophysical methods.

Keywords: monitoring, tectonomagnetism, magnetic-variations observations, Wise vector.