

УДК 550.37

**РЕЗУЛЬТАТИ МАГНІТОВАРІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ
НА УАС «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»****В. Ю. Максимчук, Т. А. Климкович**

*Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України,
м. Львів, вул. Наукова, 36, 79060, e-mail: vmaksymchuk@cb-igph.lviv.ua, tamara@cb-igph.lviv.ua*

Реферат. В роботі подано результати магнітоваріаційного моніторингу на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський». За даними багаторічних (2006–2012 рр.) магнітоваріаційних спостережень на магнітній обсерваторії «Аргентинські острови» побудовано ряди компонент вектора індукції та досліджено їх часові зміни. Виявлено аномальні варіації вектора Візе з різними періодами та амплітудою: річні, сезонні, добові, а також неперіодичні (епізодичні). Природа періодичних коливань векторів Візе пов'язується з впливом зовнішніх джерел. Аномальні зміни векторів Візе неперіодичного характеру пов'язуються з сейсмотектонічними процесами у літосфері регіону.

Результаты магнитовариационного мониторинга на УАС «Академик Вернадский».

В. Е. Максимчук, Т. А. Климкович

Реферат. В работе представлены результаты магнитовариационного мониторинга на Украинской антарктической станции «Академик Вернадский». По данным многолетних (2006–2012 гг.) магнитовариационных наблюдений на магнитной обсерватории «Аргентинские острова» построены ряды компонент вектора индукции и исследованы их временные изменения. Выявлено аномальные вариации вектора Визе с разными периодами и амплитудой: годовые, сезонные, суточные, а также неперіодические (эпизодические). Природа периодических колебаний векторов Визе связывается с влиянием внешних источников. Аномальные изменения векторов Визе неперіодического характера связываются с сейсмотектоническими процессами в литосфере региона.

Results of magnetic variations monitoring on the UAS «Academic Vernadskij».

V. Maksymchuk, T. Klymkovych

Abstract. The results of magnetic variations monitoring on the UAS “Academic Vernadskij” is presented on the base of long-term (2006–2012) magnetic variations observations on the AIA Argentina Islands were developed induction vector components time series and investigated their temporal variations. Were defined anomalous changes of Vise vectors with different periods and amplitudes: annual, seasonal, diurnal and non-periodic (episodic). The nature of periodic variations is connected with an influence of external sources. Anomalous variations of Vise vectors with non-periodic changes can be depend with seismic-tectonic processes in the region.

Key words: Antarctic Peninsula, monitoring, geomagnetic variations, transmitting functions, induction vectors**1. Вступ**

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 змогу 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 впроваджено Паркінсоном [Parkinson, 1959], Візе [Wiese, 1965] і Шмукером [Schmucker, 1970], перш за все як параметр для вивчення геоелектричних неоднорідностей у земній корі і верхній мантії. Вектори Візе спрямовані від провідника перпендикулярно напрямку надлишкових струмів у ньому.

Окрім вивчення геоелектричної будови земної кори і верхньої мантії, магнітоваріаційний метод знаходять все ширше застосування для дослідження сеймотектонічних процесів у літосфері та виявлення провісників землетрусів. 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. Аномальні ефекти у варіаціях вектора Візе були виявлені у 70-х роках минулого століття перед сильними землетрусами у різних сейсмоактивних зонах світу. Так, на обсерваторії Сурларі (сейсмоактивна зона Вранча, Румунія) було виявлено збільшення вектора індукції з 0,3 в 1961 році до 0,45 у 1967 році, перед сильним землетрусом з магнітудою $M > 5$, який відбувся на відстані 40 км від точки спостереження [Kharin, 1982]. Особливого розмаху ці роботи набули в Китаї, де з початку 1970-х років було розгорнуто більше сорока магнітних станцій в сейсмічно активних регіонах. Аномальні зміни вектора індукції для варіацій діапазону періодів $T = 10 - 20$ хв. з тривалістю від декількох місяців до двох років спостерігали тут перед окремими сильними землетрусами [Zeng et al., 1998]. Зміни вектора Візе перед сильними коровими землетрусами були зафіксовані в Японії [Shiraki, Yanagihara, 1977], Китаї [Zeng et al., 1998], Румунії [Kharin, 1982]. Т. Рікітаке [Rikitake, 1979] описав зміни компонент вектора індукції на обсерваторії Sitka (SIT) в Північній Америці перед землетрусом 30 липня 1972 року, $M = 7,6$ з епіцентром в 40 км від станції. Природа аномальних змін амплітуди та напрямків вектора Візе пов'язується переважно зі змінами електропровідності кори перед землетрусами.

Значний досвід досліджень часових змін векторів Візе накопичено 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 [Климкович та ін., 2009; Климкович та др., 2010; Максимчук та др., 2011; Klymkovych et al., 2010]. Ймовірно, що добові та сезонні варіації параметрів вектора Візе–Паркінсона пов'язані з впливом зовнішнього джерела [Климкович та ін., 2009]. Епізодичні відхилення в напрямку векторів індукції були виявлені в періоди підвищеної сейсмічної активності в Закарпатському прогині, а також перед відчутним землетрусом в зоні Закарпатського глибинного розлому 14.12.2010 р. з $M = 3,2$, епіцентр якого знаходився на відстані 14 км від режимної геомагнітної станції [Максимчук та др., 2011a].

Актуальність виконання магнітоваріаційних досліджень у районі розташування УАС пов'язана з недостатньою вивченістю глибинної будови та сучасної динаміки західного узбережжя Антарктичного півострова геофізичними методами. З точки зору глобальної тектоніки УАС «Академік Вернадський» розташована поблизу надзвичайно цікавого тектонічного вузла (рис. 1). За сучасними уявленнями Західна Антарктида – це ансамбль терейнів (або мікроплит), які відносно недавно – в середньому і пізньому мезозой – були єдиним цілим [Бахмутов, 2006]. Блок Антарктичного півострова при цьому розглядається як продовження Південно-Американських Кордільєр і є найкрупнішим терейном, який відіграв ключову роль у геологічній історії Західної Антарктиди під час розпаду суперконтиненту Гондвана.

Тектонічна еволюція південної Атлантики, протоки Дрейка і прилягаючого тихоокеанського сектора визначалась взаємодією Південно-Американської і Антарктичної плит (рис. 1). Мікроплита Скоша, яка при цьому сформувалась у результаті процесів спредінгу, характеризується наявністю активних тектонічних структур. В першу чергу – це Західно-Скошський хребет, Скошо-Сендвічева осьова зона спредінга, зона розлому Шеклтона, рифтова зона Брансфілда та Південно-Шетландський жолоб, тектонічна активність яких продовжується до теперішнього часу. За даними батиметрії, високоточних GPS-спостережень, сейсмічної томографії, протока Брансфілд активно розширюється зі швидкістю до 10 мм/рік у напрямку північний захід-південний схід ортогонально до простягання протоки [Бахмутов, 2006].

Сейсмічність західного узбережжя Антарктичного півострова обумовлена впливом сейсмоактивної зони Південно-Антарктичної дуги, що охоплює море Скоша і протоку Дрейка. Найближчими є епіцентри землетрусів, які відбуваються вздовж границі моря Скоша, обмеженого островами Південна Джорджія, Південними Сандвичевими та Південними Оркнейськими. Переважна більшість епіцентрів зосереджена вздовж Південних Сандвичевих островів, і відстань до них становить близько 2000 км. Найближчі до УАС епіцентри землетрусів за час інструментальних спостережень

зарєєстровані на відстані 200 км ($M=5.4$), що в районі станції відповідає інтенсивності 3–4 бали за шкалою MSK-64 [Ляшук, Карягін, 2013] (рис. 2).

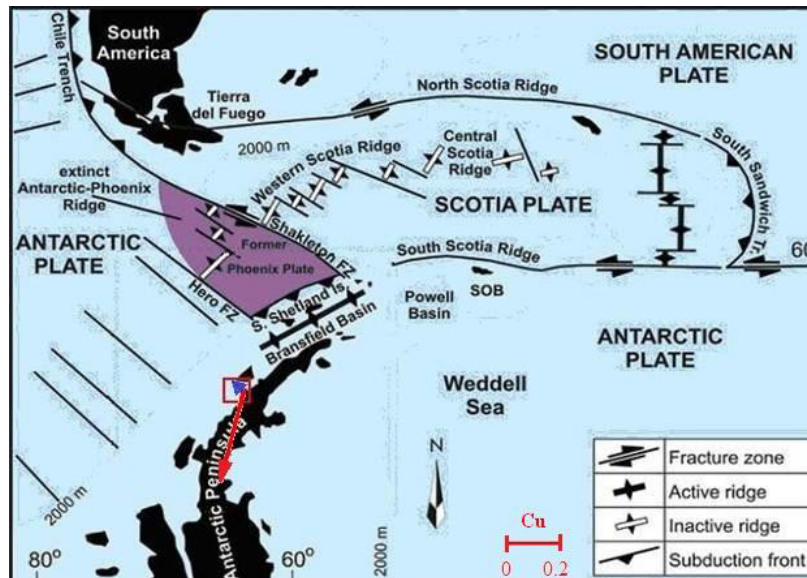


Рис. 1. Схематична тектонічна карта моря Скоша і Антарктичного півострова (Larter and Barker, 1991). SFZ – зона розлому Шеклтона; SOB – Південно-Оркнейський блок.

До зон тектонічної активності часто приурочені корові та глибинні аномалії електропровідності. Така аномалія електропровідності виділена на заході Південно-Американського континенту, яка простягається вздовж берегової лінії Тихого океану на 2500 км. Передбачається, що висока електропровідність викликана флюїдами, утвореними в результаті метаморфізму в Андах і частковим розплавом гірських порід. Система розломів, які контролюють Андську аномалію електропровідності, відповідає зоні субдукції океанічної плити Наска під Південно-Американську плиту [Жамалетдинов, Кулик, 2012].

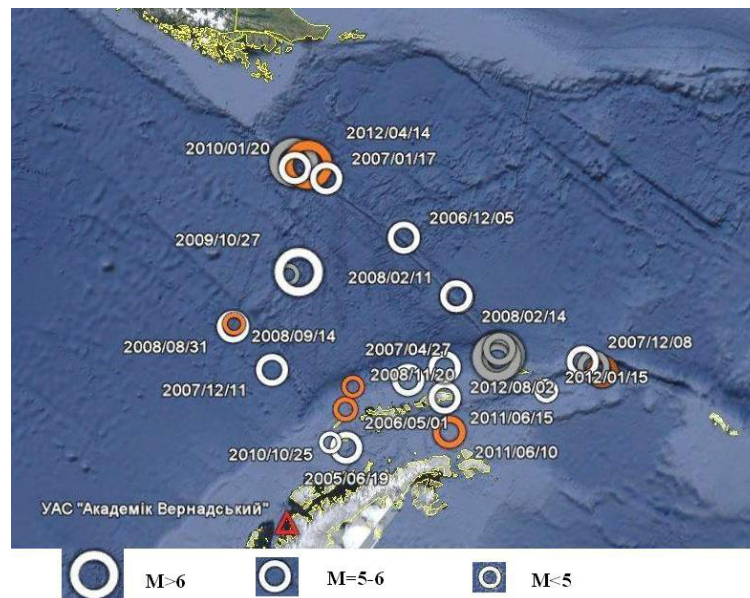


Рис.2. Схема епіцентрів землетрусів за 2005–2012 рр.

Розглядаючи блок Антарктичного півострова, тектонічні структури плити Скоша, як продовження тектонічних структур Південної Америки, в тому числі зони субдукції, очевидно, логічно очікувати продовження Андської аномалії електропровідності у південному чи південно-східному напрямку, а з урахуванням тектонічної еволюції регіону – у східному напрямку. Вектор Візе на УАС для діапазону періодів 40–60 хв. спрямований з півночі на південь, що дає підстави висловити гіпотезу про існування в регіоні на північ від УАС аномальної зони електропровідності, приуроченої, ймовірно, до субдукційної зони плит Фенікс та рифту Брансфілд. Однак це питання вимагає додаткових досліджень.

Отже, метою роботи є вивчення за даними магнітоваріаційного моніторингу часових змін параметрів векторів Візе у районі Антарктичного півострова та можливостей дослідження на цій основі сейсмотектонічних процесів у земній корі регіону.

2. Вихідні дані та методика робіт

Робота базується на експериментальних даних, отриманих на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський» за період 2005–2012 рр. Спостереження варіацій геомагнітного поля виконувались у варіаційному павільйоні геомагнітної обсерваторії АІА (Аргентинські острови) з використанням магнітоваріаційних станцій серії LEMI. Обробка даних полягає у знаходженні так званих передавальних функцій A_{ω} , B_{ω} – коефіцієнтів лінійного зв'язку між ортогональними компонентами геомагнітних варіацій:

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

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.

У геофізичній літературі коефіцієнти A_{ω} , B_{ω} називають також компонентами вектора індукції або компонентами вектора Візе. У загальному випадку ці компоненти є комплексними величинами, хоча деякі автори [Харин, 1981, Харин и др., 1996] 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. Для обробки нами були використані 1-секундні дані магнітоваріаційних спостережень на магнітній обсерваторії АІА (станція Академік Вернадський) за 2007 р. та хвилинні дані за 2005–2012 рр. Обчислення компонент векторів Візе за цифровими даними проводяться з використанням методики та програми обробки магнітотелуричних даних [Семенов, 1985]. Для отримання щільних часових рядів компонент векторів індукції процес обробки був автоматизований. Основними вимогами до алгоритму автоматизації були: можливість задавати довільні інтервали усереднення початкових даних та однозначна прив'язка моменту початку усередненої вибірки до періоду доби. Крім того, використовується методика мінімізації втрат інформації внаслідок техногенного браку, а обчислені вектори Візе розподіляються по діапазонах періодів залежно від вибраного інтервалу усереднення. Це дозволило проводити аналіз змін векторів індукції для варіацій невеликих періодів як в розрізі доби, так і в розрізі року для тих самих часових інтервалів доби. В результаті обробки було отримано часові ряди дійсних та уявних компонент A і B векторів Візе для діапазонів періодів $1^m - 2,5^m$, $2,5^m - 5^m$, $5^m - 10^m$, $10^m - 20^m$, $20^m - 40^m$, $40^m - 60^m$.

3. Часові зміни вектора Візе на УАС «Академік Вернадський»

Часові ряди компонент векторів Візе для різних діапазонів періодів наведені на рис. 3–8. У них спостерігаються зміни, які мають коливальний характер з різними періодами та амплітудами.

Найбільші коливання амплітуд дійсних та уявних компонент середньомісячних значень векторів індукції бачимо для діапазону періодів 40–60 хв. (рис. 3), де дійсна частина компоненти A змінюється в межах від -0,2 до -0,5 одиниць, а компоненти B та від 0 до 0,25. Діапазон змін уявних компонент вектора Візе дещо менший: від 0 до 0,5 для компоненти A , та від 0 до 0,08 компоненти B . Основною особливістю цих рядів в діапазоні 40–60 хв. є наявність коливань з періодом 1 рік, які як для дійсної, так і для уявної частини векторів індукції значно краще проявляються у компоненті A .

Причому для цієї компоненти чіткий максимум спостерігається у літній період та мінімум у зимовий період. Дійсна частина компоненти В набуває максимальних значень у зимовий період, мінімальних у літній, а уявна частина компоненти В змінюється синхронно з уявною частиною компоненти А – максимум спостерігається у літній період та мінімум у зимовий період

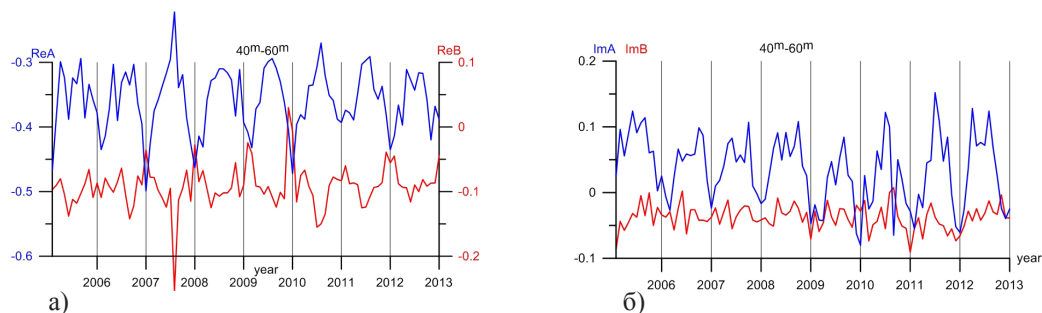


Рис. 3. Дійсні (а) та уявні (б) значення компонент вектора індукції обсерваторії АІА для діапазону періодів 40–60 хв. (2005–2012 рр.)

Для діапазону періодів 20–40 хв. (рис. 4) річний хід для уявної частини вектора індукції теж значно краще проявляється у компоненті А, а для дійсної частини у компоненті В. Причому, якщо компонента А (дійсна і уявна) набуває максимальних значень у літній період, то дійсна частина компоненти В – у зимовий, а уявна частина компоненти В – у літній період.

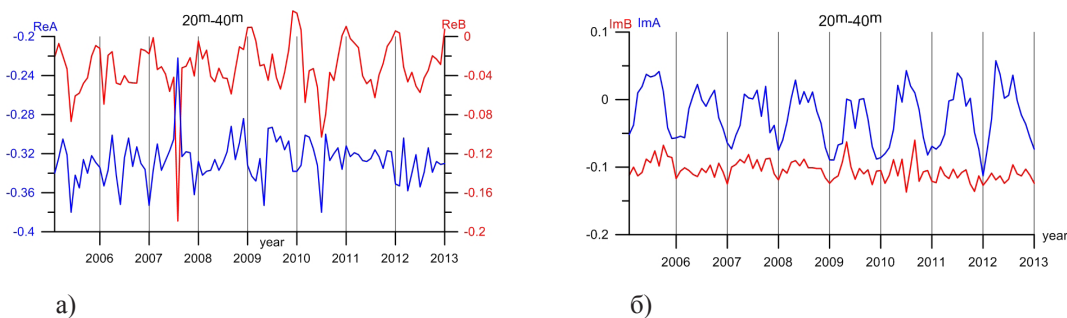


Рис. 4. Дійсні (а) та уявні (б) компоненти вектора індукції обсерваторії АІА для діапазону періодів 20–40 хв. (2005–2012 рр.)

Для діапазону періодів 10–20 хв. (рис. 5) характер річного ходу для уявної частини вектора індукції залишається таким самим лише з меншими амплітудами, а для дійсної частини він значно краще проявляється у компоненті В. Як і для попереднього діапазону періодів дійсна частина компоненти В набуває максимальних значень у зимовий період, решта компонент – у літній.

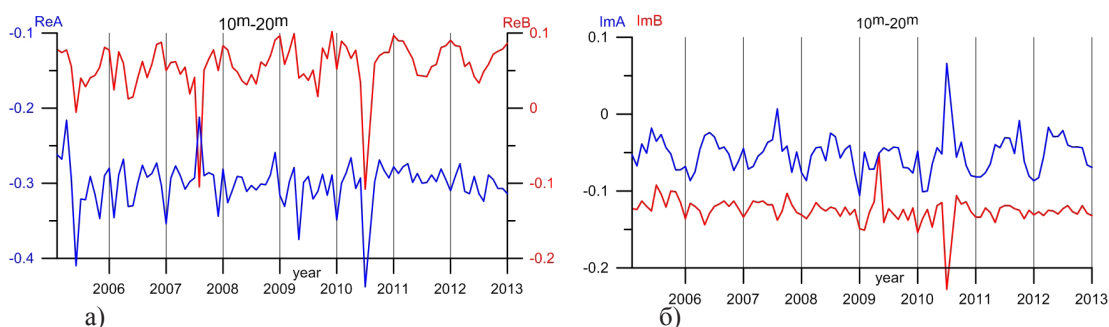


Рис.5. Дійсні (а) та уявні (б) компоненти вектора індукції обсерваторії АІА для діапазону періодів 10–20 хв. (2005–2012 рр.)

Для діапазонів періодів 5–10 та 2,5–5 хв. річний хід компонент векторів Візе стає незначним (рис. 6–7) і коливається на безаномальних ділянках для дійсних компонент в межах 0,27–0,39 та для уявних компонент в межах 0,07–0,1 для діапазону періодів 2,5–5 хв. та 0,1–0,13 для діапазону періодів 5–10 хв.

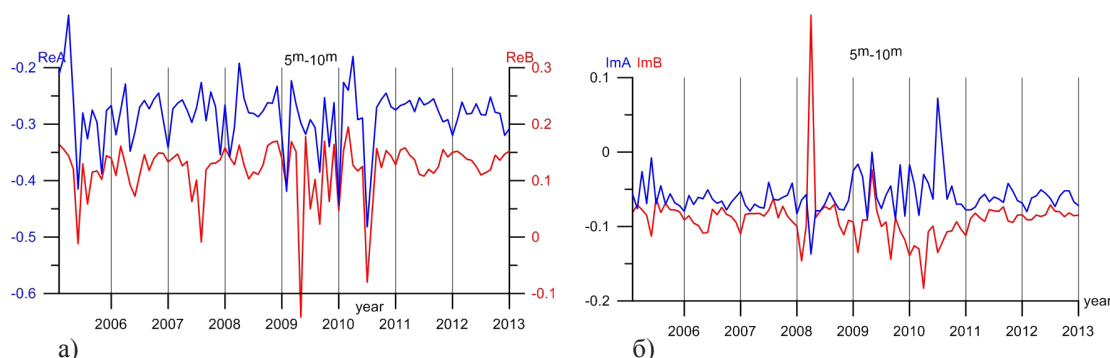


Рис. 6. Дійсні (а) та уявні (б) компоненти вектора індукції обсерваторії АІА для діапазону періодів 5–10 хв. (2005–2012 рр.)

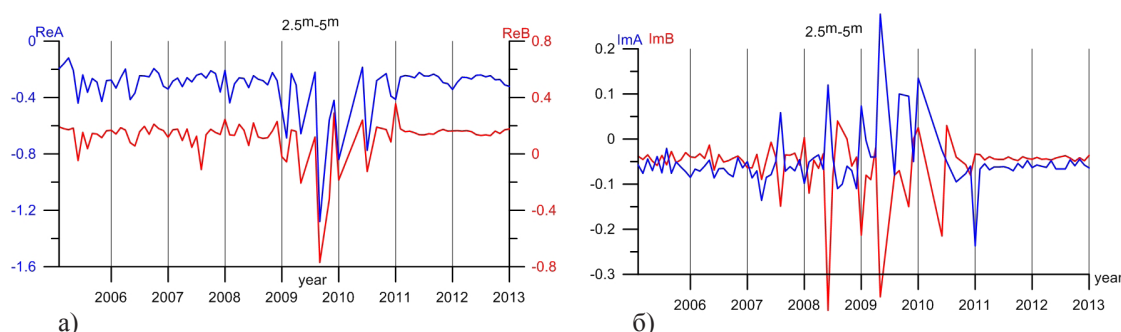


Рис. 7. Дійсні (а) та уявні (б) компоненти вектора індукції обсерваторії АІА для діапазону періодів 2,5–5 хв. (2005–2012 рр.)

Річний хід параметрів векторів індукції, як показує аналіз публікацій, був виявлений і на інших магнітних обсерваторіях [Мороз и др., 2006; 2006а; Корепанов, Трегубенко, 2009]. Нами він був вперше виявлений при обробці даних режимної геофізичної станції «Н. Селище», розташованої у Закарпатській сейсмоактивній зоні [Климкович та ін., 2009]. Зіставлення річних ходів параметрів векторів індукції РГС «Н. Селище», МО «Сурлар» та МО «Димер» показало, що для всіх діапазонів періодів найбільш чітко річний хід проявляється на МО «Димер», яка розташована на кристалічному щиті в асейсмічному регіоні. Для японських обсерваторій (Какіока, Мемамбетцу, Каное) характерний більш чіткий сезонний хід компоненти А вектора Візе на періодах 20–40 та 40–60 хв.

Окрім періодичних (річних), в часових рядах мають місце епізодичні зміни тривалістю декілька місяців з досить значними амплітудами. Привертають до себе увагу аномальні зміни дійсних та уявних компонент векторів індукції у 2009–2010 рр. У діапазоні 2,5–5 хв. та 5–10 хв. аномалії охоплюють часовий інтервал з січня 2009 р. по липень 2010 р. При цьому амплітуда змін дійсної частини компоненти А в діапазоні 5–10 хв. досягає близько 0,2 (при фонових значеннях $-0,3$) а компоненти В $0,1-0,2$ (фонове значення $0,1$). Ще контрастніші зміни компонент в зазначений інтервал спостерігається в діапазоні 2,5–5 хв. Дійсна частина компоненти А змінюється з $0,2$ до $-1,2$, а компоненти В – з $0,2$ до $0,8$. Аномальні зміни в цей же період спостерігаються також в уявних компонентах. На довгих періодах 20–60 хв. зазначена аномалія не спостерігалась. Природа подібних магнітоваріаційних аномалій, як ми вже згадували вище, часто пов'язується з підготовкою землетрусів. Однак, в районі розташування УАС «Академік Вернадський» відчутних землетрусів в розглянутий часовий інтервал не було зареєстровано. В той же час, в зазначений період в Андах (Чилі), на відстані майже три тисячі кілометрів, 27.02.2010 р. відбувся катастрофічний землетрус з $M = 8.8$. Складно говорити про можливість зв'язку цього землетрусу з аномальними змінами параметрів

вектора індукції на УАС. Радіус прояву деформаційних провісників землетрусів для землетрусу з $M = 8.8$ може досягати декілька тисяч кілометрів. Слід взяти до уваги, що в Андах, як ми згадували вище, за даними МВЗ виявлена інтенсивна аномалія електропровідності, яка простягається вздовж тихоокеанського узбережжя Чилі до Вогняної Землі, а можливо і далі в напрямку атлантичних островів. З аномаліями електропровідності, на думку багатьох вчених, наприклад, Рікітакі, пов'язані вогнища багатьох сильних землетрусів. У зв'язку з цим нам видається правдоподібною гіпотеза про зв'язок аномалії в параметрах вектора Візе на УАС «Академік Вернадський» з чилійським землетрусом 2010 р.

У [Климкович, Максимчук, 2015] ми висунули гіпотезу, що напрям індукційних стрілок в районі УАС «Академік Вернадський» свідчить про наявність в регіоні на північ від Антарктичного півострова інтенсивної аномалії електропровідності з її локалізацією в зоні контакту Антарктичної плити та плити Скотія, ймовірно в зоні рифту Брансфілд та розлому Шеклтона. У зазначеному районі за даними геофізики дотепер відбуваються активні тектонічні процеси, пов'язані із наявністю тут зон субдукції та спредінгу. В такому випадку можна припустити, що ці тектонічні зони були втягнуті в процес підготовки катастрофічного чилійського землетрусу в 27.02.2010 р. з епіцентром в зоні субдукції на контакт Тихоокеанської та Південно-Американської плит.

Отже, про зв'язок варіацій вектора індукції на УАС з чилійським землетрусом 2010 р. можна говорити лише опосередковано. Їх джерелом ймовірно є зона тектонічної активізації рифту Брансфілд – розлому Шеклтона.

4. Сезонні та добові варіації вектора Візе на УАС “Академік Вернадський”

Для виявлення добових та сезонних варіацій векторів індукції використовувалися дані цифрової реєстрації варіацій змінного магнітного поля з дискретністю 1 вим./с. Це дало змогу обчислювати до 14 значень векторів Візе на добу для коротких періодів. Щільність рядів векторів індукції дала змогу впевнено виявити їх добові зміни. Вони проявляються у зміні форми і орієнтації області, яку займають вершини векторів на площині їх компонент (А, В) для всіх діапазонів періодів. Було помічено, що область розподілу вершин індукційних векторів протягом дня змінюється. Це є характерним для всіх періодів. Для прикладу наведемо дані за 2007 р. для періоду 5–10 хв. на кроці усереднення 10 с (рис. 8).

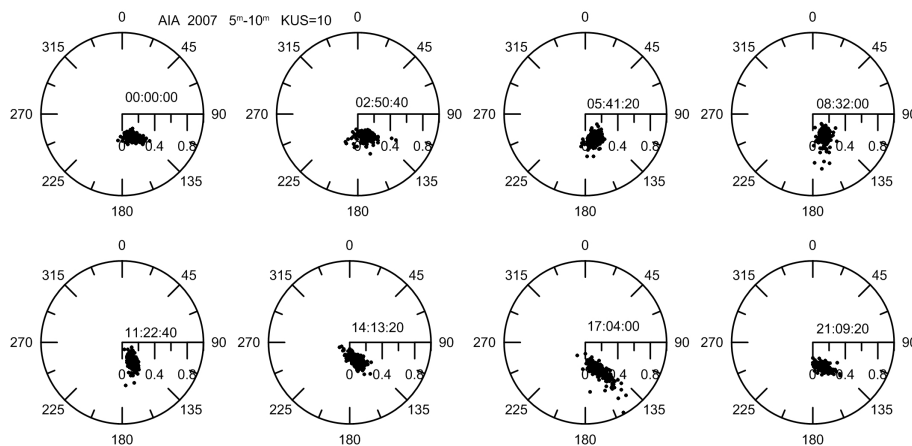


Рис. 8. Розподіл вершин дійсних векторів індукції на площині протягом доби (2007 р.). Час вказаний за Гринвічем.

Як видно з рис. 8–9, в нічний час ця область має майже ізометричну форму, а зі сходом сонця вона починає витягуватись. Біля полудня фігура має максимальну витягнутість. Крім того, від ранкових до полуденних годин відбувається також поворот великої осі фігури. В полуденні години цей напрям близький до меридіонального. Після полудня процес зміни форми відбувається в зворотному напрямі.

РЕЗУЛЬТАТИ МАГНІТОВАРІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ НА УАС «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»

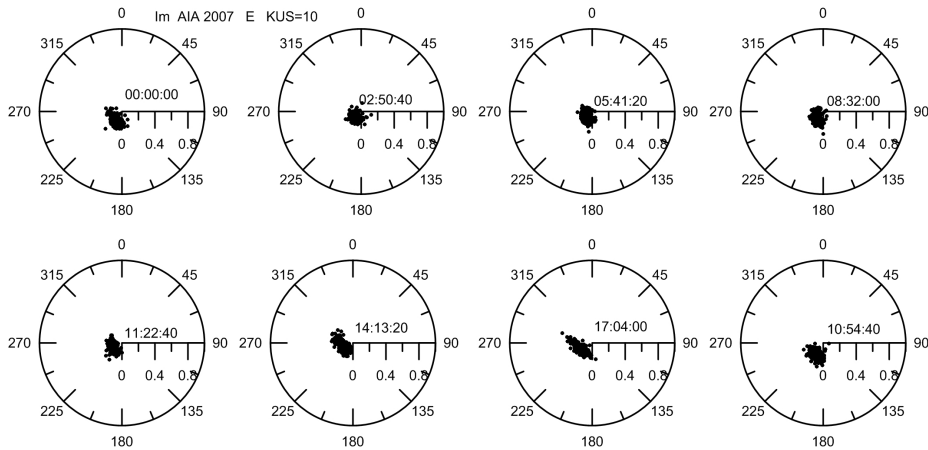


Рис. 9. Розподіл вершин уявних векторів індукції на площині протягом доби (2007 р.).
Час вказаний за Гринвічем.

Денні значення зовнішнього джерела поля МТ відрізняються від нічних і залежать від геомагнітної активності. Тому добовий хід можна пояснити (принаймні частково) зміною параметрів джерела (хоча різниця періодичних варіацій на обсерваторіях Сурмарі, Димер та РГС Н. Селище [Rokityansky et al., 2011] суперечить цьому припущенню). Контрольовані джерела вільні від цієї невизначеності. Дипольні зондування в Центральній Азії [Альтгаузен, Барсуков, 1970; Авагимов и др., 1988; Balassanian, 1999] і на Балтійському щиті [Saraev et al., 2001; Zhamaletdinov et al., 2004] з відстанню між передавачем і приймачем від 10 до 1000 км зафіксували зміни позірною опорю до десятків відсотків, що може бути результатом змін питомого опорю окремих активних зон. Добові зміни позірною опорю від 5 до 20%, тісно пов'язані з приливами, були отримані на Балтійському щиті. Напруги в літосфері активної зони можуть бути на кілька порядків більші, ніж приливні. Так геодинамічні процеси можуть привести до сильних змін електропровідності в надрах Землі.

5. Висновки

У результаті обробки та аналізу даних багаторічних магнітоваріаційних спостережень на УАС «Академік Вернадський» отримано часові ряди передавальних функцій в діапазоні періодів 1–60 хв. за 2005–2012 рр. та досліджено їх основні характеристики.

У часових рядах параметрів вектора індукції виявлено періодичні коливання та добові зміни, ймовірно, пов'язані з впливом зовнішніх джерел.

Окрім періодичних, в часових рядах компонент вектора індукції в діапазонах 2,5–5 хв., 5–10 хв. виявлено інтенсивні аномальні зміни в 2009–2010 рр., природа яких, ймовірно, пов'язана з сейсмотектонічними процесами в регіоні.

Подальші дослідження електромагнітними методами в регіоні слід спрямувати на вивчення латеральних геоелектричних неоднорідностей, а також на здійснення магнітоваріаційного моніторингу сучасної геодинаміки земної кори.

Подяка. Автори висловлюють подяку дослідникам Національного антарктичного наукового центру і магнітної обсерваторії АІА за якісні дані геомагнітних варіацій, представлені у системі INTERMAGNET.

Література

1. Авагимов А. А., Атаев А. К., Атаев А. С. и др. Связь аномальных изменений электросопротивления горных пород в разломной зоне с приливными деформациями земной коры // Изв. АН ТССР. Сер. физ.-тех., хим. и геол. Наук. – 1988. – № 5. – С. 50 – 52.

2. Альтгаузен Н. М., Барсуков О. М. О временных вариациях электропроводности // Физические основания поисков методов прогноза землетрясений. М. : Наука. – 1970. – С. 104 – 110.

3. Бердичевский М. Н., Жданов М. С. Интерпретация аномалий переменного электромагнитного поля Земли. – М. : Недра, 1981. – 328 с.
4. Бахмутов В. Эволюция и геодинамика основных структур Западной Антарктике в мезокайнозой: современные представления // Украинский Антарктический Журнал. – 2006. – № 4–5. – С. 52–63.
5. Жамалетдинов А. А., Кулик С.Н., Крупнейшие аномалии электропроводности мира // Геофиз. журнал. – 2012. – № 4, Т. 41. – С. 22–39.
6. Климкович Т. А., Городиский Ю. М., Кузнецова В. Г., Максимчук В. Ю. Дослідження часових змін параметрів векторів індукції у Закарпатському сейсмоактивному прогині // Геофиз. журнал. – 2009. № 6, Т. 31. – С.147–152
7. Климкович Т. А., Городиский Ю. М., Харин Е. П. Временные изменения векторов Визе в некоторых сейсмоактивных регионах мира // V Международная конференция “Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений” С. Паратунка Камчатский край 2–7 августа 2010 года. Сборник докладов Петропавловск-Камчатский, 2010. – С.121–124.
8. 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, – Київ. – С.18–19.
9. Корепанов В. Е., Трегубенко В. И. Особенности построения и тенденции развития современной аппаратуры для магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований. Геофизический журнал. – 2009. – № 3, Т. 31. – С. 181–190.
10. Ляшук О. І., Карягін Є. В. Мережа сейсмічних спостережень в регіоні Антарктичного півострова // VI Міжнародна Антарктична Конференція “Інтернаціоналізація досліджень в Антарктиці – шлях до духовної єдності людства” 15–17 травня 2013 року, м. Київ, Тези. – С. 201–203.
11. Максимчук В. Е., Климкович Т. А., Городиский 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.
12. Максимчук В. Ю., Климкович Т. А., Трегубенко В. И., Кузнецова В. Г., Якас Ю. В. Геоелектромагнітний моніторинг сейсмотектонічних процесів у Закарпатській сейсмоактивній зоні // Геодинаміка 2 (11) 2011а, Національний університет «Львівська політехніка». – С.190–192.
13. Мороз Ю.Ф., Смирнов С.Э., Мороз Т.А. Магнитовариационные исследования в районе озера Байкал – Физика Земли. – 2006. – № 11. – С. 93–98.
14. Мороз Ю.Ф., Смирнов С.Э., Мороз Т.А. Результаты мониторинга вариации геомагнитного поля на Камчатке. – Физика Земли. – 2006а, № 3. – С. 49–56.
15. Харин Е. П. Изменчивость передаточных функций электромагнитного поля Земли во времени // Геофиз. журнал. – 1981. – № 3. – С.16–23.
16. Харин Е. П., Кузнецова В. Г., Городиский Ю. М., Максимчук В. Е. Особенности временных изменений передаточных функций геомагнитного поля в Закарпатье // Геофизический журнал. – 1996. – Т.18, № 3. – С.76–83.
17. Balassanian S. Yu., 1999. The Anomalous Daily Dynamics of Local Geophysical and Geochemical Fields (ADF) Effect Study in the connection with Earthquake Preparation and Occurrence, Phys. Chem. Earth (A). Vol. 24, No.8. – P. 741-752.
18. Kharin, E.P., 1982, Changes in transfer functions with time. *Geophys. Surveys.*, 4, P. 455–466.
19. Klymkovych T., Rokityansky I., Horodysky Yu., Isac A. High resolution study of temporal variations of induction vectors // Геофиз. журнал. – 2010. № 4, Т. 32 International Conference Geodynamical Phenomena “From Observations and Experiments to Theory and Modelling” September 20–24, 2010. Kiev, Ukraine. – P. 66–67.
20. Parkinson W.D., 1959, Direction of rapid geomagnetic fluctuations. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 2. – P. 1–14.
21. Rikitake T., 1979. Changes in the direction of magnetic vector of short-period geomagnetic variations before the 1972 Sitka, Alaska, Earthquake. *J. Geomag. Geoelectr.* (31). – С 441–448.
22. Rokityansky I. I., Klymkovych T. A., Babak V. I., Isac A., Annual and diurnal variations of induction vectors in relation to geodynamic processes, *Geomatics, natural Hazards and Risk*, <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2011.601432>, 2011.
23. Saraev A. K., Pertel M. I., Malkin, Z. M. 2001. Correction of the electromagnetic monitoring data for tidal variations of apparent resistivity. *Journal of Applied Geophysics*, Elsevier, Article 1341.
24. Schmucker U. Anomalies of geomagnetic variations in the southwestern United States. // *Bull. of the Scripps Institute of Oceanography University of California*. –1970, V.13. – P. 13–32.
25. Shiraki M., Yanagihara K., 1977. Transfer function at Kakioka (Part II). Reevaluation of Their Secular Changes. *Memoirs of the Kakioka magnetic observatory* 17, 19–25. Sneed M., Galloway D
26. Wiese H., 1965, *Geomagnetische Tiefentelluric*, 146p., (Berlin: Akad. Verlag).
27. Zhamaletdinov A. A., Mitrofanov F. P., Tokarev A. N., Shevtsov A. N., 2004. The influence from luni-solar tidal deformations on results of control source EM monitoring for the seismic activity, Presentation at 32 International Geological Congress, Florence, August 2004.