

Під час Другої антарктичної експедиції протягом 10 днів паралельно з реєстрацією магнітного поля базовим магнітометром також були вперше проведені спостереження за допомогою магнітометра ЛЕМІ-004, на базі якого планується створити спеціалізовану магнітоваріаційну станцію для обсерваторії “Аргентинські острови”.

Магнітоваріаційна станція (МВС) ЛЕМІ-004 створена в ЛЦ ІКД на базі ферозондового давача (ФЗД) спеціально для польових досліджень. Співставлення параметрів обох магнітометрів наведено в табл.1. Крім суто метрологічних переваг, МВС ще має зручні органи управління, що в лічені хвилини дозволяють проводити її повне встановлення й налагодження для умов пункту спостереження. Слід також відзначити, що МВС ЛЕМІ-004, як можна побачити з табл.1, крім гарантованої роздільної здатності 0,1 нТл на цифровому виході, дозволяє ще майже на порядок підвищити поріг чутливості магнітних вимірів: рівень шумів на аналоговому виході в серійних зразках не перевищує 20 пТл, а для спеціальних вимог може бути опущений до 3-5 пТл. Це стало можливим завдяки використанню принципово нових режимів роботи власне ФЗД, а також оригінальному виконанню найважливіших функціональних вузлів (Berkman та ін. 1997). В разі потреби, аналоговий вихід може мати розширену частотну характеристику до 100 Гц і більше. Разом з дуже малими часовим і температурним дрейфами нуля це дозволяє використовувати таку МВС для вивчення практично всього ряду геомагнітних пульсацій - від найкоротших (РС-1) до довгоперіодних пульсацій типу РС-7 і більш низькочастотних змін типу бухт і т.п. без калібрування приладу навіть при досить різких змінах температури. До того ж кожен примірник МВС ЛЕМІ-004 має сертифікат повірки, в якому, крім основних метрологічних параметрів, наведені й температурні коефіцієнти для кожної з трьох складових ФЗД. Враховуючи, що температура давача постійно контролюється і реєструється поряд з даними вимірювання, виникає можливість уточнення або корекції даних при попередній обробці. Якщо ж температуру навколо МВС підтримувати постійною в межах $\pm 1^\circ\text{C}$, то, як довела практика обсерваторських досліджень, МВС ЛЕМІ-004 може бути використана як базовий магнітометр, що підтримує міжнародний стандарт INTERMAGNET при періодичності абсолютних вимірювань не частіше, як раз на місяць.

Попередній аналіз результатів спостережень за допомогою МВС ЛЕМІ-004 був виконаний В.Г.Бахмутовим разом з І.Ф.Доценко ще під час роботи експедиції і викладений ними у звіті. Цей аналіз базувався на співставленні запису трьох компонент поля, що реєструвалися синхронно в часі магнітометрами FM 100 В і ЛЕМІ-004. Аналізувалися відносні й різниці значення компонент поля за кожний день спостережень від 22.03 до 31.03.1998 р. і були визначені коефіцієнти кореляції (ρ) між відносними значеннями компонент поля та середньоквадратичні відхилення (σ) різницевого поля. Значення ρ за всі дні не опускалися нижче 0,99, а σ коливалось по Z від 0,23 до 0,65, по H від 0,47 до 1,79, по D від 0,46 до 2,18 нТл.

Для більш коректного співставлення цих варіометрів, визначення дрейфу приладів і кількісної оцінки їх параметрів в робочому режимі необхідно проводити абсолютні незалежні вимірювання компонент поля для визначення базових значень. На жаль, такі вимірювання були проведені лише один раз 27.03.1998 р. і здійснити аналіз було неможливо. Абсолютні вимірювання під час спостережень були використані лише для приведення всіх значень компонент поля за 21-31 березня по обох магнітометрах в значення H, D, Z.

Для порівняння МВС FM 100 В і ЛЕМІ-004 був використаний протонний магнітометр MB-01, який має стабільний хід і в цей період працював як базовий для тектономагнітних досліджень. За абсолютними значеннями H і Z на моменти вимірів з MB-01 (T_{MB-01}) були вираховані значення T для МВС ЛЕМІ і FM 100 В (T_{LEM} , T_{FM}), визначені різниці між протонним магнітометром і кожною з станцій (ΔT_{MB-L}^1 , ΔT_{MB-F}^2), середньоквадратичне відхилення різницевого поля між станціями і протонним магнітометром MB-01 (σ_1 і σ_2),

коефіцієнти кореляції між значеннями T_{MB-01} і визначеними значеннями T_{LEMI} і T_{FI} (ρ_1 і ρ_2). Ці дані приведені в табл. 2. Результати аналізу показали, що МВС LEMI-004 має кращі показники ($\sigma = \pm 0,43$, $\rho = 1$), ніж FM 100 В.

Підтверджено ефективність використання МВС LEMI-004 для вивчення короткоперіодних варіацій геомагнітного поля - пульсацій типу РС, - які відкриваються завдяки її високій чутливості. На рис.1 показано один з прикладів реєстрації пульсацій 1.04.1998 р. Тривалість проходження пульсацій - 14 хвилин, максимальна амплітуда по Н компоненті - біля 5 нТл. Запис пульсацій чіткий, не спотворений, що дозволяє детально вивчати їх морфологію і визначати параметри. Це є дуже важливим для геомагнітних досліджень на антарктичній станції, бо відкриває нові можливості детального вивчення короткоперіодних варіацій компонент поля у широкому діапазоні частот та амплітуд, що має велике значення для дослідження поведінки іоносфери у приполярному овалі південної півкулі, яка вивчена набагато гірше, ніж у північній півкулі.

Перші отримані результати експериментальних випробувань нового магнітометра в Антарктиці переконливо свідчать про те, що завдяки своїм високим метрологічним параметрам, простоті обслуговування, стабільності роботи магнітоваріаційна станція LEMI-004 вітчизняного виробництва повністю відповідає умовам для стаціонарного використання в антарктичній обсерваторії "Аргентинські острови".

2. Тектономагнітні дослідження

Цей вид досліджень набув досить широкого розповсюдження за останні десять - п'ятнадцять років завдяки застосуванню сучасних протонних магнітометрів, що характеризуються чутливістю 0,1 нТл і відсутністю дрейфа нуля. Фактично цей напрям досліджень було розвинуто як продовження робіт над вивченням аномалій вікового ходу геомагнітного поля.

Тектономагнітний метод базується на вивченні локальних часових змін геомагнітного поля, зумовлених різними фізико-хімічними процесами в літосфері Землі. Серед таких процесів найбільш вагомими й детально вивченими на даний час є п'езомагнетизм і електрокінетика (Сковородкин 1983).

Дослідження часових аномальних змін геомагнітного поля проводяться за методикою синхронних спостережень, яка базується на одночасних вимірюваннях модуля повного вектора T на базовому пункті (БП) і рядовому пункті (ПВХ). За результатами цих спостережень визначається величина $\Delta T_1 = T_{(ПВХ)} - T_{(БП)}$, яка відноситься до певного періоду часу. При повторних спостереженнях на цій же мережі пунктів визначається величина ΔT_2 і параметр $\Delta \Delta T = \Delta T_1 - \Delta T_2$. Висловлюється припущення, що величина $\Delta \Delta T$ характеризує зміни геомагнітного поля тектонічного походження.

Лабораторія тектономагнетизму КВ ІФФ має великий досвід таких досліджень в різних регіонах: Закарпатський прогин, Передкарпатський прогин, Терсько-Каспійський прогин, Дніпровсько-Донецька западина. Результати цих досліджень використовувались як для вивчення особливостей блокової структури літосфери, сучасної активності глибинних розломів, пошуку провісників землетрусів, так і для вирішення практичних завдань при нафтопошукових роботах (Кузнецова, Максимчук 1991; Максимчук та ін. 1991).

Використовуючи досвід цих робіт і наявність сучасних цифрових протонних магнітометрів МВ-01 з чутливістю 0,1 нТл, було розпочато тектономагнітні дослідження на території станції "Академік Вернадський" в Антарктиді з метою оцінки сучасної тектонічної активності цього регіону.

Для базового пункту була використана цифрова МВС МВ-01 (інтервал вимірювань - 20 сек), встановлена в магнітоваріаційному павільйоні. Спостереження на рядових пунктах мережі виконувалися протонним магнітометром ММП-203 з чутливістю 1 нТл.

Пункти рядової мережі були розміщені вздовж профілю, який перетинає впоперек простягання основні породотворчі комплекси в напрямі північний захід - південний схід.

Вибір місць для пунктів тектономагнітних спостережень здійснювався на підставі положень, розроблених в інструкції (Головков та ін. 1977). Пункти вибиралися після детального обстеження місця і попередніх вимірювань з метою виявлення майданчиків з мінімальними градієнтами поля. На місцевості пункти закріплювалися - викладалося коло з помальованих червоною фарбою каменів у радіусі 1 м від пункту. В центрі кола, в місці, де встановлювався давач ММП-203, була зроблена мітка. Складено кроки на кожний пункт мережі. Схема розташування пунктів показана на рис. 2.

Методикою спостережень передбачалась синхронізація вимірювань на базовому й рядовому пунктах з точністю $\pm 0,5$ сек. Висота давача над поверхнею Землі на пункті дорівнювала 1 м. На кожному пункті виконувалась серія спостережень з ММП-203 з інтервалом 20 сек (відповідна кількість вимірів (n) приведена в табл.3).

При обробці визначалися різниці ΔT між $T_{ПВХ}$ і T_B , синхронно виміряних на базовому й польовому пунктах, потім середнє значення ΔT_1 для кожного пункту і значення середньоквадратичного відхилення σ . Ці результати також наведені в табл.3.

Точність знімання задовільняє вимоги до подібних робіт. Середньоквадратична похибка визначення середньої величини ΔT_1 на пунктах близька $\pm 0,7$ нТл.

На рис. 3 показані результати першого циклу спостережень вздовж геодинамічного профілю I. На підставі цих спостережень можна зробити попередній висновок, що достатньо великі зміни аномального магнітного поля вздовж профілю викликані найімовірніше тим, що він перетинає різні за магнітними властивостями комплекси порід. Заплановані на наступний польовий сезон вимірювання дозволять уточнити це припущення.

Висновки

Під час Другої антарктичної експедиції були отримані наступні основні результати геомагнітних досліджень:

- проведено успішні випробування магнітоваріаційної станції вітчизняного виробництва ЛЕМІ-004 в магнітній обсерваторії "Аргентинські острови";
- виконано співставлення базового магнітометра станції з МВС ЛЕМІ-004, яке свідчить про високі метрологічні показники останньої;
- продемонстрована можливість реєстрації короткоперіодних варіацій геомагнітного поля типу пульсацій РС, що дозволить значно розширити діапазон геомагнітних та іоносферних досліджень на антарктичній обсерваторії;
- розпочаті тектономагнітні дослідження на геодинамічному профілі поблизу станції "Академік Вернадський" для вивчення особливостей сучасної геодинаміки регіону.

Автори статті дякують керівництву Українського антарктичного центру за можливість виконання геомагнітних досліджень і підкреслюють необхідність їх майбутнього продовження.

Література

Бахмутов В.Г. Магнитная обсерватория "Аргентинские острова". Станция "Академик Вернадский" // - Бюлл. УАЦ.- 1997.- Вып. 1.- С.20-26.

Головков В.П., Иванов Н.А., Пудовкин И.М., Шапиро В.А. Инструкция по поискам и изучению аномалий векового хода геомагнитного поля. - М.: АН СССР, ИЗМИРАН, 1977.- 24 с.

Кузнецова В.Г., Максимчук В.Е. Результаты тектономагнитных исследований для изучения структуры и современной геодинамики литосферы Терско-Каспийского прогиба // Геофиз. журнал,- 1991, №6.- С.47-55.

Максимчук В.Ю., Городиський Ю.М., Кузнецова В.Г., Орлюк М.І., Пашкевич І.К. Дослідження динаміки геомагнітного поля в крайовій частині південного заходу Східно-Європейської платформи // Доповіді АН УРСР.- 1991. №7.- С.95-99.

Сковородкин Ю.П. Изучение тектонических процессов методами магнитометрии.- М.: Наука, 1983.- 239 с.

R.Berkman, V.Korepanov, V.Bondaruk, Advanced flux-gate magnetometers with low drift, Proceedings of XIV IMEKO World Congress, Tampere, Finland, v.IVA, 1997, p.p.121-126.

РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОМАГНІТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА АНТАРКТИЧНІЙ СТАНЦІЇ
"АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ"

В.Є.Корепанов, І.Ф.Доценко, В.Г.Кузнєцова, В.Ю.Максимчук, І.О.Чоботок,
Ю.М.Городиський.

Підписи до рисунків

Рис.1. Приклад геомагнітної пульсації типу РС, зареєстрованої 1.04.1998 р. о 2 годині 46 хвилин за Грінвічем на магнітній обсерваторії "Аргентинські острови".

Рис.2. Схема розміщення пунктів тектономагнітних спостережень:
1- магнітна обсерваторія "Аргентинські острови"; 2- пункти вікового ходу.

Рис.3. Крива ΔT_a вздовж геодинамічного профілю І-І.

Таблиця 1

Порівняння основних параметрів базового магнітометра FM 100 В та магнітометра ЛЕМІ-004

Параметр	FM 100 В	ЛЕМІ-004
Повний діапазон вимірювання	±5000 нТ	±120000 нТ
Роздільча здатність	1 нТ	0,1 цифровий вихід 0,01 аналоговий вихід
Часовий дрейф	5 нТ/рік	< 2 нТ/рік
Температурний дрейф	2,2 нТ/°С	<0,1 нТ/°С
Неортогональність осей	<30'	<30'
Споживання	10 Вт	2,5 Вт

Таблиця 2

**Результати співставлення спостережень магнітоваріаційних станцій LEMI-004 і EDA
Fluxgate з протонним магнітометром MB-01
(n - кількість вимірювань)**

Дата	n	T_{MB-01}	T_{LEMI}	$T_{Fluxgate}$	ΔT^1_{MB-L}	ΔT^2_{MB-F}	σ_1	σ_2	ρ_1	ρ_2
23.03	30	39668.2	39676.4	39677.9	-8.1	-9.7	0.28	0.21	1.0	0.999
26.03	13	39690.2	39689.1	39707.5	-7.9	-11.4	0.19	0.49	0.999	0.995
30.03	16	39656.9	39665.8	39667.5	-8.9	-10.6	0.14	0.21	0.998	0.994
За весь період	59	39670.0	39678.3	39680.3	-8.3	-10.3	0.43	0.73		

Таблиця 3

Результати геомагнітних спостережень на геодинамічному профілі І

№ пункту	Місце розташування	Дата закладки	n	ΔT (нТл)	σ
1	Південний Барчан (західна частина)	23.03.1998	42	294.7	0.63
2	Південний Барчан (східна частина)	23.03.1998	22	128.6	0.67
3	Три Маленькі Поросята (середній острів)	23.03.1998	17	580.4	0.49
4	Галіндез (східна частина)	26.03.1998	37	75.3	0.80
5	Скуа (західна частина)	02.04.1998	44	40.1	0.56
6	Ялур (північний острів)	30.03.1998	25	276.3	0.69
7	мис Рассмунсен (біля хатки)	30.03.1998	19	1014.9	0.66

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Корепанов В.Є. заст. директора, зав. відділом електромагнітних досліджень Львівського центру Інституту космічних досліджень НАНУ та НКАУ, доктор технічних наук, 290601, Львів, вул. Наукова, 5-А, тел 0322-639163, факс 0322-638244.

Доценко І.Ф. провідний інженер Карпатського відділення Інституту геофізики НАНУ (КВ ІГФ), 290601, Львів, вул. Наукова, 3-Б, тел 0322-648563.

Кузнєцова В.Г. провідний науковий співробітник КВ ІГФ, кандидат технічних наук, адреса й телефон ті самі.

Максимчук В.Ю. вчений секретар КВ ІГФ, доктор фізико-математичних наук, адреса й телефон ті самі.

Чоботок І.О. аспірант КВ ІГФ, адреса й телефон ті самі.

Городиський Ю.М. інженер I категорії КВ ІГФ, адреса й телефон ті самі.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ЛЦКД НАНУ-НКАУ - Львівський центр Інституту космічних досліджень Національної академії наук України та Національного космічного агентства України.

КВ ІГФ НАНУ - Карпатське відділення Інституту геофізики ім.С.І.Субботіна Національної академії наук України.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ “АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ”

В.Е.Корепанов, И.Ф.Доценко, В.Г.Кузнецова, В.Ю.Максимчук, И.А.Чоботок, Ю.Н.Городинский

Реферат. Рассмотрены методика и результаты геомагнитных исследований, выполненных во время 2-ой Антарктической экспедиции на полярной станции “Академик Вернадский” и в ее округе. Проведено испытание отечественной магнитовариационной станции ЛЕМИ-004 и сделано сравнение результатов наблюдений с данными трехкомпонентного магнитометра FM 100 В и высокочувствительного протонного магнитометра MB-01. Показаны возможности регистрации (закладка пунктов и измерения) по изучению особенностей современной геодинамики литосферы в округе станции по методике тектономагнитных исследований. Даны рекомендации по развитию этих работ в будущем.

Ключевые слова: магнитовариационная станция, ферозондовый датчик, пульсации, тектономагнитные исследования, геодинамика.

RESULTS OF GEOMAGNETIC INVESTIGATIONS AT THE ANTARCTIC STATION “AKADEMIK VERNADSKYI”

V.Ye.Korepanov, I.F.Dotsenko, V.G.Kuznetsova, V.Yu.Maksymchuk, I.O.Chobotok, Yu.M.Gorodyskyi

Abstracts. Methods and results of geomagnetic investigations held during the 2nd Antarctic expedition at the polar station “Akademik Vernadskyi” and its neighbourhood are considered. A magnetovariational station LEMI-004 produced in Ukraine was tested. Results of observations made by 3-component fluxgate magnetometer and high-sensitive proton magnetometer MB-01 were compared. Examples of registration of short-period PC-type pulsations, by LEMI magnetometer are shown. Activities (points founding and measurements) on peculiarities studying of modern lithosphere geodynamics in the station neighbourhood by tectonomagnetic investigation method were begun. Recommendations as to the further development of the magnetic investigations at Ukrainian Antarctic station are given.

Key words: magnetovariational station, flux-gate sensor, pulsations, tectonomagnetic investigations, geodynamics.