

## Вікові варіації геомагнітного поля в Антарктиді

© Ю. П. Сумарук, Т. П. Сумарук, 2016

Інститут геофізики НАН України, Київ, Україна

Надійшла 6 січня 2016 р.

Преп'явлено членом редакції М. І. Орлюком

Исследованы изменения вековых вариаций геомагнитного поля на антарктических магнитных обсерваториях за 1956—2010 гг. Указанные вариации сопоставлены с вековыми вариациями геомагнитного поля в северной полярной шапке Земли и на смежных магнитных обсерваториях в средних широтах Южного полушария.

Сделан вывод о том, что вековые вариации поля в высоких широтах Земли имеют три источника: изменение магнитного момента и положения центрального магнитного диполя, изменение положения источников в тектоносфере и геомагнитной активности, зависящей от полярности крупномасштабного магнитного поля Солнца и, соответственно, от знака вертикальной компоненты межпланетного магнитного поля.

**Ключевые слова:** вековые вариации, геомагнитная активность, крупномасштабное магнитное поле Солнца.

**Вступ.** Джерела вікових варіацій (ВВ) геомагнітного поля розміщені всередині Землі. Оскільки ВВ вираховують як різницю між середньорічними значеннями складових поля, в них відображуються також деякі регулярні та іррегулярні варіації від зовнішніх джерел, таких як кільцевий магнітосферний струм, авроральні, екваторіальний та полярний іоносферні електрострумені [Verbanac et al., 2007; Dremukhina et al., 2008; Maus, Luhr, 2005; Шевнин и др., 2009]. Розділення варіацій від внутрішніх і зовнішніх джерел має важливе значення, тому що дає змогу виділити ВВ від внутрішніх джерел у чистому вигляді і, отже, покращити наше розуміння механізмів генерації головного магнітного поля Землі [Завойская, 1990].

Динаміку ВВ у полярних шапках Землі за експериментальними даними досліджено мало, оскільки регулярні спостереження почались тут у 1950-х роках. Теоретичні дослідження ВВ методом сферичного гармонічного аналізу, розробленого Н. П. Беньковою [Бенькова и др., 1974], провели Л. М. Яременко і співавтор. [Яременко и др., 2000]. Було вивчено рух фокусів ВВ за 1550—2000 рр. і показано, що вони характеризуються дуже високою активністю.

Силові лінії магнітного поля в полярних шапках Землі контактують із силовими лініями міжпланетного магнітного поля (ММП). Тому дані магнітних обсерваторій, розміщених на полярних шапках, дають найповнішу інформацію про варіації поля від зовнішніх джерел

[Сумарук и др., 1987; Сумарук та ін., 2000], що спрощує задачу виділення ВВ від внутрішніх джерел. Зовнішніми джерелами варіації геомагнітного поля в полярних шапках, як указано вище, є кільцевий магнітосферний струм, струми затікання від авроральних іоносферних електроструменів [Акасофу, Чепмен, 1975] та надзвичайно потужний в літній час полярний іоносферний електрострум [Сумарук и др., 1992]. Кільцевий магнітосферний струм генерує однорідне магнітне поле, силові лінії якого перпендикулярні до площини геомагнітного екватора, тому варіації від нього в полярних шапках переважно відображуються у вертикальній ( $Z$ ) компоненті (збільшуються  $Z$  у північній полярній шапці, зменшуються — у південній). Вплив цього струму найбільше спостерігається на обсерваторіях Туле (THU) і Резольют Бей (RES) у Північній півкулі та Восток (VOS) — у Південній. Полярні іоносферні електрострумені тісно пов'язані з азимутальною компонентою ММП [Сумарук, Харин, 1979] і наявні в обох полярних шапках. Вони охоплюють геомагнітні полюси, а напрямок їх залежить від знака азимутальної компоненти ММП. Струм найінтенсивніший на денній стороні у місцевий літній сезон. Вплив його на ВВ спостерігається на обсерваторіях THU та VOS у вертикальній компоненті, оскільки вони знаходяться близько до фокуса системи струмів, та на обсерваторіях Резольют Бей (RES), Моулд Бей (MBC) і Дюмон-д'Юрвіль (DRV) — в гори-

зонтальній компоненті, тому що ці обсерваторії знаходяться під полярними електроструменями або близько до них.

У статті [Сумарук, Сумарук, 2013] за експериментальними даними розглянуто особливості ВВ у північній полярній шапці Землі. Показано, що співвідношення між величинами ВВ від зовнішніх та внутрішніх джерел змінюється і залежить від сонячної активності. Повна індукція поля досягла максимального значення в 1978—1979 рр. і в подальшому почала спадати. Знак ВВ у вертикальній компоненті поля змінився у зазначених роках. Зроблено висновок, що довгоперіодна (~80 років) варіація має джерела як всередині, так і зовні Землі.

Мета статті — дослідити динаміку змін ВВ на антарктичних магнітних обсерваторіях за експериментальними даними, одержаними у 1957—2010 рр., і порівняти зі змінами ВВ у суміжних регіонах та північній полярній шапці.

**Використані дані.** Для дослідження вибрано середньорічні значення вертикальної ( $Z$ ) та горизонтальної ( $H$ ) компонент геомагнітного поля 9 обсерваторій, розміщених в Антарктиді [Головков и др., 1983; <http://www.geomag.bgs.ac.uk/gifts/annual>]. Список обсерваторій наведено у табл. 1 [Data..., 2005]. Більшість обсерваторій почали спостереження поля з початком Міжнародного геофізичного року. ВВ вираховували як різницю між середньорічними значеннями  $Z$ ,  $H$  і  $T$  послідовних років. Оскільки величина

повного вектора  $T$  на Антарктиді зменшується, а  $Z$ -компонента напрямлена від Землі, то  $ВВ(Z) > 0$ . Для виключення короткоперіодних ВВ їх ряди згладжено біжучими середніми з вікном 3 та 11 років.

**Результати досліджень. Вікові варіації вертикальної компоненти.** На рис. 1, а показано згладжені ВВ вертикальної компоненти на антарктичних обсерваторіях і на обсерваторіях, розміщених у суміжних регіонах: Крозе (CZT,  $\phi=46^\circ$ ,  $\lambda=52^\circ$ ), Трелев (TRW,  $\phi=-43^\circ$ ,  $\lambda=294^\circ$ ) і Порт-о-Франсе (PAF,  $\phi=-49^\circ$ ,  $\lambda=70^\circ$ ). Всі значення ВВ( $Z$ ) додатні і зростали до 1970 р. Максимальні значення ВВ( $Z$ ) спостерігали на обсерваторіях SYO (ВВ( $Z$ )=140 нТл), NVL (ВВ( $Z$ )=136 нТл) і MOL (ВВ( $Z$ )=109 нТл). На обсерваторіях, які знаходяться ближче до геомагнітного полюса (VOS, DRV, MIR), максимальне значення ВВ( $Z$ ) істотно менше. Інакше кажучи, напруженість геомагнітного поля зменшувалась на Антарктиді нерівномірно і пояснити це ослабленням магнітного моменту центрального диполя чи його зміщенням не можна.

Швидкість спаду величини поля почала зменшуватися в 1968—1970 рр. У табл. 2 наведено середню за рік швидкість спаду величини ВВ( $Z$ ) на антарктичних обсерваторіях і на обсерваторіях TRW (Аргентина), CZT та PAF (Індійський океан).

Як бачимо, швидкість спаду величин ВВ( $Z$ ) максимальна на обсерваторіях MOL, MAW,

**Т а б л и ц я 1.** Характеристика магнітних обсерваторій, розміщених в Антарктиді

Назва	ABB-код	Географічні координати, град		Геомагнітні координати, град		Роки початку спостережень
		$\phi$	$\lambda$	$\Phi$	$\Lambda$	
Новолазаревська	NVL	-70,77	11,82	-67,31	58,04	1960
Сьова	SYO	-69,00	39,58	-70,37	83,55	1958
Молодьожна	MOL	-67,67	45,85	-70,32	91,48	1965
Маусон	MAW	-67,70	62,88	-73,23	110,06	1956
Мірний	MIR	-66,55	93,02	-76,20	154,07	1956
Восток	VOS	-78,45	106,87	-88,68	168,21	1958
Дюмон-д-Юрвіль	DRV	-66,67	140,01	-74,47	231,20	1957
Скот Бейс	SBA	-77,85	166,78	-78,97	290,19	1957
Вернадський	AIA	-65,20	295,70	-55,01	5,47	1957

**Т а б л и ц я 2.** Середні значення спаду ВВ( $Z$ ) за 1980—2010 рр.

Обсерваторія	AIA	MIR	DRV	MAW	MOL	SYO	NVL	SBA	VOS	TRW	CZT	PAF
$\Delta ВВ(Z)$ , нТл/рік	-1	-11	-5	-12	-15	-11	-2	-3	-6	0	-14	-12

SYO, MIR і мінімальна на обсерваторіях AIA, NVL, SBA. Найбільше значення  $\Delta BB(Z)$  зафіксовано на обсерваторії MOL — 15 нТл/рік. Ця величина поступово зменшується як на захід, так і на схід і є мінімальною на обсерваторії AIA (близько 1 нТл/рік). Ми вибрали три магнітні обсерваторії у нижчих широтах Південної півкулі, які розміщені на довготах, близьких до

довгот відповідних антарктичних обсерваторій, на яких спостережено екстремальні значення  $\Delta BB(Z)$ . Довготи обсерваторій CZT та MOL близькі. Величини  $\Delta BB(Z)$  на обсерваторіях майже однакові: ~14—15 нТл/рік. Таку саму відповідність зафіксовано на обсерваторіях MAW і PAF та AIA і TRW. Це означає, що джерела  $BB(Z)$  на кожній парі обсерваторій пов'язані і,

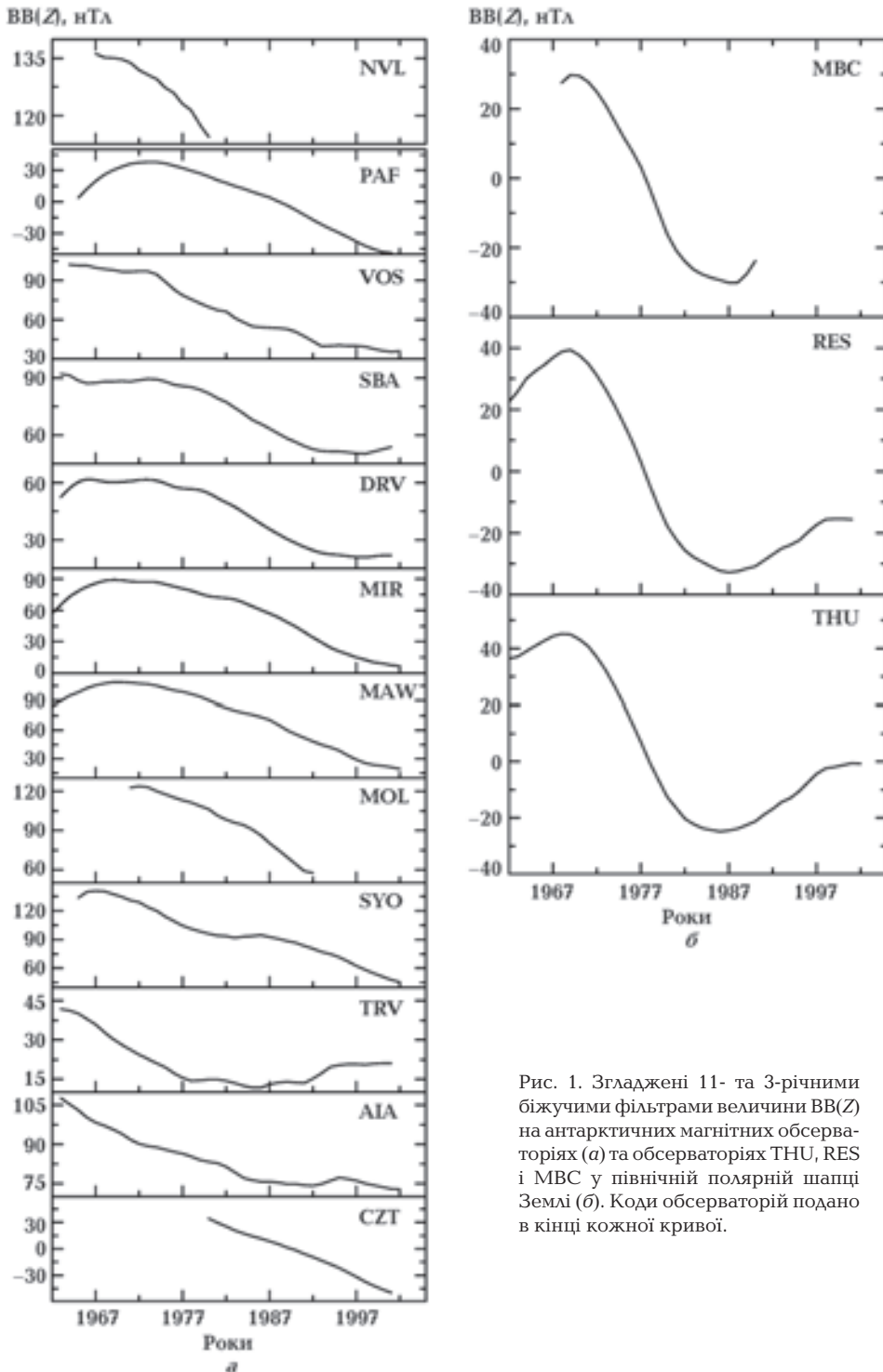


Рис. 1. Згладжені 11- та 3-річними біжучими фільтрами величини  $BB(Z)$  на антарктичних магнітних обсерваторіях (а) та обсерваторіях THU, RES і MBC у північній полярній шапці Землі (б). Коди обсерваторій подано в кінці кожної кривої.

очевидно, є не глобальними, а регіональними.

На рис. 1, б показано згладжені  $BB(Z)$  на трьох магнітних обсерваторіях у північній

полярній шапці (Туле — THU, Резольют Бей — RES, Моулд Бей — MBC). Як видно, характер змін  $BB(Z)$  у високих широтах Південної та Північної півкуль подібний. Максимальних значень  $BB(Z)$  досягли у 1969—1970 рр. як у південній, так і у північній полярних шапках. У подальшому почався спад, причому у північній полярній шапці  $BB(Z)$  змінює знак, тобто тут вертикальна складова поля почала зменшуватись, а у південній продовжувала зменшуватись за абсолютною величиною.

На рис. 2 показано залежність згладжених величин  $BB(Z)$  на обсерваторії VOS від величини  $BB(Z)$  на обсерваторії THU. Спостерігається значна кореляція між величинами. Наприкінці 1970-х років зафіксовано різке зменшення  $BB(Z)$  в обох полярних шапках. На обсерваторії THU ця величина змінила знак у 1979 р. Різкі зміни вікових варіацій називають джерками [Mandea, 2001]. Зміни  $BB(Z)$  в обох полярних шапках (рис. 2) дають змогу припустити, що вони спричинені одним і тим самим джерелом.

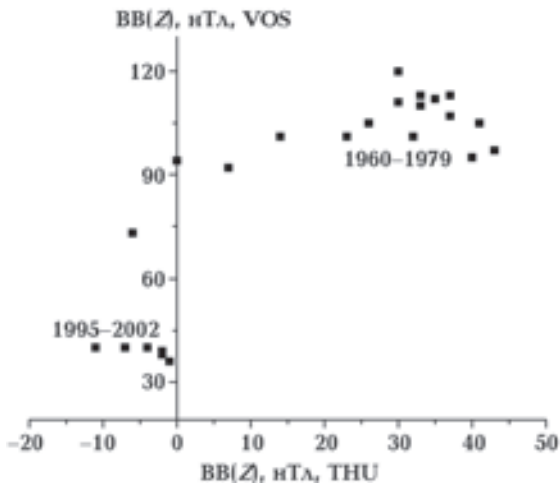


Рис. 2. Залежність згладжених величин  $BB(Z)$  на обсерваторії VOS від  $BB(Z)$  на обсерваторії THU.

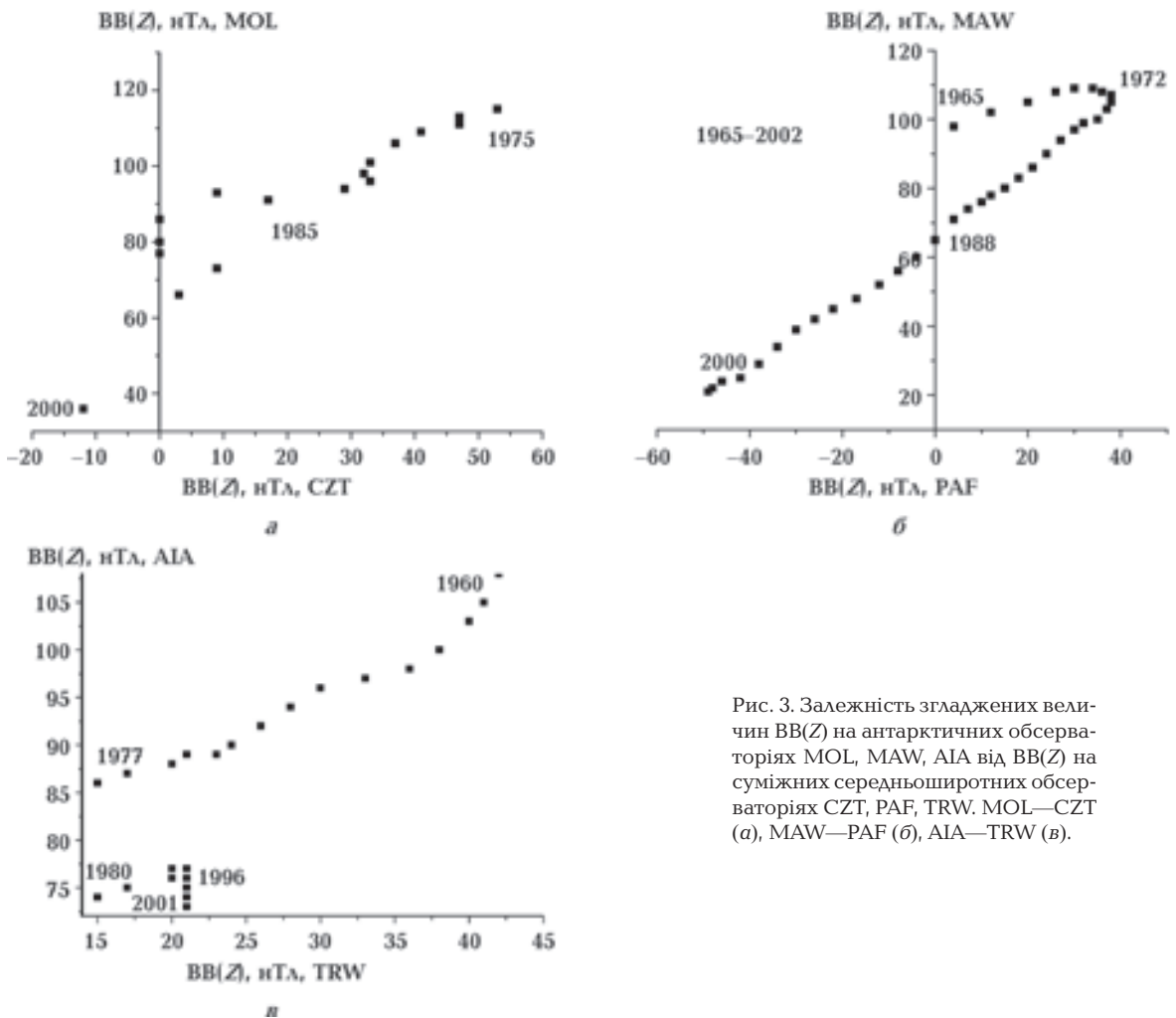


Рис. 3. Залежність згладжених величин  $BB(Z)$  на антарктичних обсерваторіях MOL, MAW, AIA від  $BB(Z)$  на суміжних середньополотних обсерваторіях CZT, PAF, TRW. MOL—CZT (а), MAW—PAF (б), AIA—TRW (в).

Оскільки у південній полярній шапці  $BB(Z)$  зменшувались, але не змінювали знака, можна дійти висновку, що крім змінного за інтенсивністю джерела тут діє друге, внутрішнє, квазі-постійне джерело, яке робить внесок у  $BB(Z)$ .

На рис. 3 показано залежність  $BB(Z)$  на антарктичних обсерваторіях MOL, MAV та AIA і на обсерваторіях CZT, PAF і TRW, які знаходяться на довготах, близьких до довгот антарктичних обсерваторій, але в нижчих широтах. Спостерігається лінійна залежність між величинами  $BB(Z)$  на кожній парі обсерваторій, що слугує доказом спільності джерел варіацій

**Вікові варіації горизонтальної компоненти.** На рис. 4 показано згладжені величини  $BB$  горизонтальної компоненти на антарктичних магнітних обсерваторіях. Головною особливістю  $BB(H)$  на Антарктиді є те, що вони різняться за знаком залежно від місцеположення обсерваторії. Значення  $BB(H)$  у полярній шапці (DRV, SBA, VOS) додатні, на авроральних широтах (NVL) — від'ємні та близькі до нуля на обсерваторіях SYO, MOL, MAW, MIR. Біля місцеположення цих обсерваторій проходить ізолінія, яка розділяє Південноафриканську та Антарктичну магнітні аномалії. Як зазначено вище (табл. 2), саме на обсерваторіях SYO та MOL швидкість зміни  $BB(Z)$  є найбільшою. На субавроральній обсерваторії AIA  $BB(H) < 0$ .

**Обговорення.** Динаміка змін вікових варіацій геомагнітного поля на Антарктиді дуже складна. Просторові та часові зміни вертикальної та горизонтальної складових поля різняться принципово. Значення  $BB(Z)$  додатні на Антарктиді за весь досліджуваний проміжок часу, тобто вертикальна компонента геомагнітного поля зменшувалась. Швидкість зменшення  $Z$ -компоненти змінювалась так: на проміжку часу 1957—1978 рр.  $BB(Z)$  зростала, а в 1979 р. почала спадати і досягла мінімальних значень наприкінці 1990-х років. На початку XXI ст. на магнітних обсерваторіях, близьких до геомагнітного полюса (VOS, DRV, SBA),  $BB(Z)$  знову почала зростати.

Просторові зміни  $BB(Z)$  розподілені так: максимальні значення (109—140 нТл) спостерігаються на обсерваторіях NVL, SYO, MOL, які розміщені на довготах Африки, мінімальні — на обсерваторіях MIR, DRV, SBA на довготах Австралії. На континентальній обсерваторії VOS максимальне значення  $BB(Z)$  дорівнює ~100 нТл, тобто значно менше ніж на берегових обсерваторіях MOL і SYO. Отже, можна припустити, що в генерації  $BB$  на берегових обсерваторіях задіяно принаймні два джерела.

Часові зміни  $BB(Z)$  на антарктичних обсерваторіях також суттєво різняться. Максимальна швидкість змін  $BB(Z)$  спостерігається на обсерваторіях MOL, SYO. Швидкість змін  $BB(Z)$  зменшується як на захід, так і на схід від обсерваторії MOL. Такі самі часові зміни  $BB(Z)$  спостерігаються на середньоширотних обсерваторіях TRW, CZT та PAF. Динаміка змін у часі однакова на парах обсерваторій MOL—CZT, AIA—TRW, MAW—PAF. Це дає змогу припустити, що  $BB(Z)$  в Антарктиді має не лише глобальні, а й регіональні джерела, розміщені в тектоносфері.

Вікові варіації  $H$ -компоненти на Антарктиді мало змінюються з часом, однак просторові

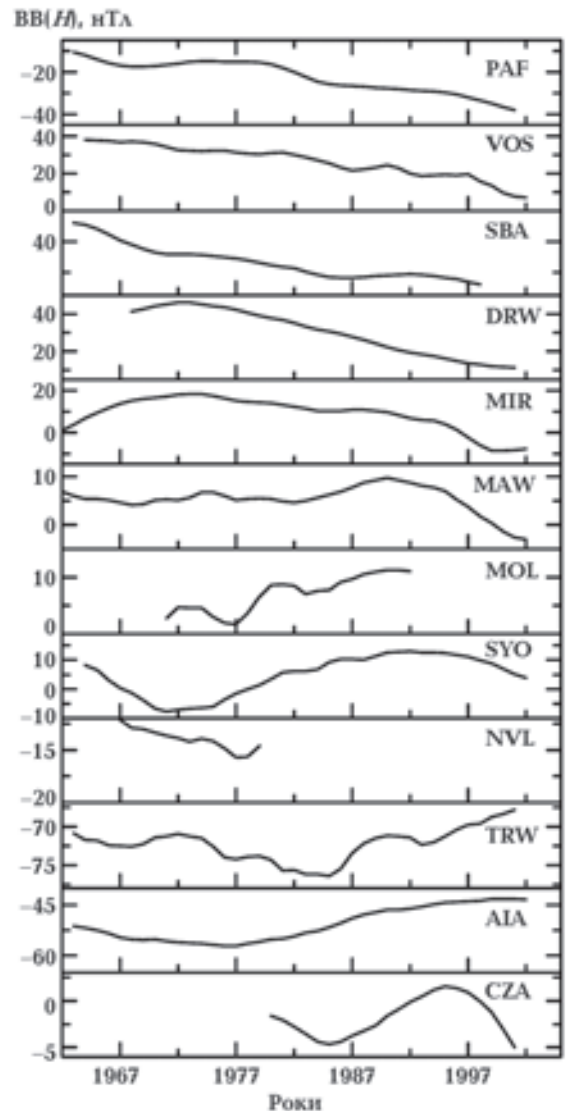


Рис. 4. Згладжені 11- та 3-річними біжучими фільтрами величини  $BB(H)$  на антарктичних магнітних обсерваторіях. Позначення див. на рис. 1.

зміни їх великі.  $BB(H)$  змінюють знак залежно від положення обсерваторії. Такий розподіл  $BB(H)$  засвідчує значний вплив на  $BB$  магнітосферних та іоносферних струмів. Обсерваторії полярної шапки знаходяться в зоні впливу магнітосферного кільцевого струму та полярного іоносферного електроструменя, а авроральні обсерваторії SNA та NVL — ще й під впливом авроральних електроструменів. На обсерваторії AIA  $BB(H) < 0$ . Оскільки AIA — субавроральна обсерваторія, великі від'ємні значення  $BB(H)$  не можна пояснити впливом тільки авроральних електроструменів, тут потрібно враховувати дію джерел, які генерують Антарктичну та Південноафриканську регіональні аномалії.

$BB$  на Антарктиді генеруються трьома джерелами. Першим джерелом є струми на межі ядро—мантія, тобто ті, що відповідають за генерацію головного магнітного поля, є глобальними. Магнітне поле таких струмів моделюють полем магнітного диполя, магнітний момент якого змінюється з часом. Крім того, диполь може переміщуватись у просторі. Переміщення диполя має приводити до протифазних змін  $BB$ . Переміщення у напрямку на північ збільшує  $BB$  у північній полярній шапці і зменшує — у південній. Зміна величини моменту диполя має зумовлювати однофазні зміни  $BB$  в обох полярних шапках. Відомо, що на цей час центральний диполь зміщується у північно-західному напрямку і його магнітний

момент зменшується [Калинин, 1984]. За експериментальними даними, не спостережено складової  $BB$ , яка б змінювалась у фазі на всьому досліджуваному інтервалі часу. За період 1957—1978 рр.  $BB(Z) > 0$  в обох полярних шапках, тобто змінюються у фазі. Максимальне  $BB(Z)$  спостерігали в 1969—1970 рр.

У 1978 р. у північній полярній шапці  $BB(Z)$  змінює знак, тобто індукція поля зменшується, а у південній — спад індукції поля продовжується, хоча з меншою швидкістю, тобто  $BB(Z) > 0$ , але зменшується за абсолютною величиною. Оскільки  $BB(Z)$  на цьому проміжку часу в полярних шапках змінюється у протифазі, пояснити явище можна зміщенням центрального диполя на південь або ж впливом зовнішніх джерел.

На рис. 5 показано варіації великомасштабного магнітного поля Сонця ( $-B_{pol}$ ) та середньорічні значення вертикальної ( $B_z$ ) компоненти міжпланетного магнітного поля (ММП) за 1965—1996 рр. [Обридко, і др., 2004]. Відомо [Акасофу, Чепмен, 1975], що поява південної ( $B_z < 0$ ) компоненти ММП веде до підвищення геомагнітної активності, а це, в свою чергу, приводить до збільшення кількості магнітних бур, за яких спостерігаються спад горизонтальної компоненти геомагнітного поля в середніх і низьких широтах і зростання вертикальної — в полярних шапках Землі. Максимальні середньорічні значення  $B_z < 0$  компоненти ММП зафіксовано в 1972—1979 рр. У ці самі

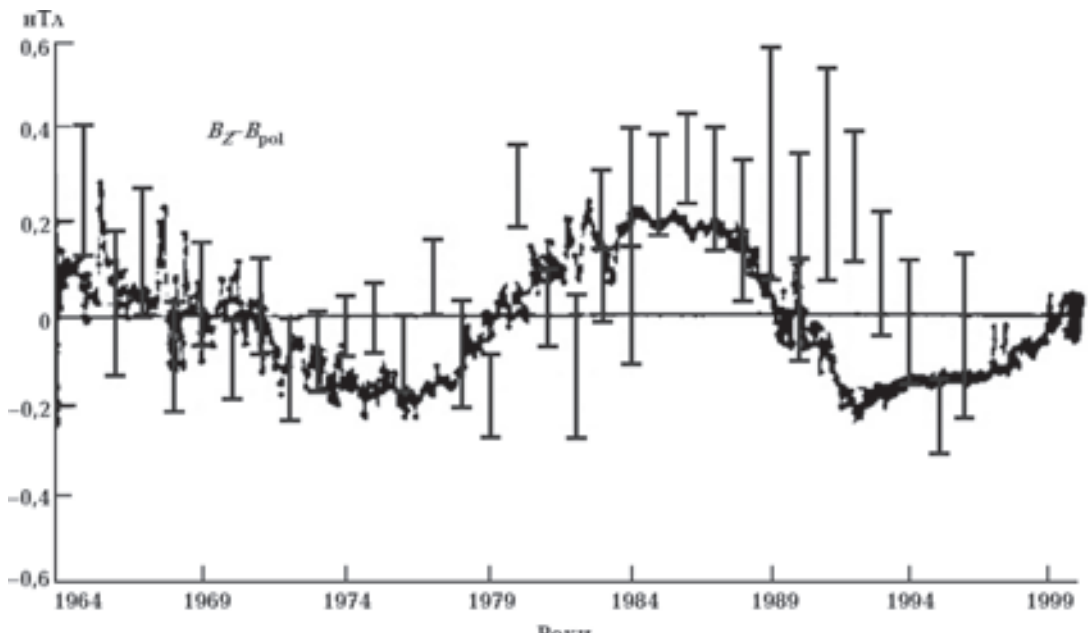


Рис. 5. Варіації великомасштабного магнітного поля Сонця ( $-B_{pol}$ ) і середньорічні значення  $B_z$ -компоненти ММП та їх дисперсія [Обридко і др., 2004].

роки  $BB(Z) > 0$ . Зміна знака  $B_z$ -компоненти ММП відбулась у 1979 р. і, відповідно, помінявся знак  $BB(Z)$  у північній полярній шапці, продовжує спадати  $BB(Z)$  у південній полярній шапці. В цей самий рік змінився знак ВМПС. Як бачимо, зміни ВВ у полярних шапках Землі добре корелюють зі змінами  $B_z$ -компоненти ММП та величиною і знаком ВМПС, але у північній полярній шапці кореляція тісніша, у південній — слабша, оскільки завуальована впливом інших джерел. Отже, другим джерелом ВВ у полярних шапках Землі є зовнішні магнітосферні та іоносферні струми. Третім джерелом ВВ є струми в тектоносфері, на що вказує зв'язок між ВВ на антарктичних магнітних обсерваторіях і на суміжних обсерваторіях у середніх широтах, який має локальний характер.

**Висновки.** Динаміка просторових і часових змін ВВ в Антарктиді найкраще проявляється у вертикальній компоненті поля. За досліджуваній інтервал часу вертикальна компонента геомагнітного поля зменшувалась за абсолютною величиною, тобто  $BB(Z) > 0$ , але швидкість змен-

шення змінювалася з часом, до 1970 р.  $BB(Z)$  зростала, у подальшому — спадала. Зміна  $BB(H)$  та  $BB(Z)$  в Антарктиді засвідчує, що зовнішні джерела відіграють важливу роль у генерації вікових змін поля.

Спостерігається добра кореляція між віковими варіаціями у північній та південній полярних шапках Землі, а також між береговими антарктичними обсерваторіями та суміжними з ними за довготою середньоширотними обсерваторіями у Південній півкулі, що вказує на значний вплив регіональних джерел на ВВ.

Швидкість зміни ВВ в обох полярних шапках Землі корелює з величиною великомасштабного поля Сонця та південної компоненти міжпланетного магнітного поля, що свідчить про значний внесок у ВВ зовнішніх струмів.

Вікові варіації поля в Антарктиді мають три джерела: зміна величини магнітного моменту центрального диполя або його зміщення; розміщення джерел у тектоносфері; величина магнітосферних та іоносферних струмів змінюється зі зміною сонячної активності.

### Список літератури

- Акасофу С. И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Москва: Мир, 1975. 231 с.
- Бенькова Н. П., Коломийцева Г. И., Черевко Т. Н. Аналитическая модель геомагнитного поля и его вековых вариаций за 400 лет (1550—1950). *Геомагнетизм и аэрономия*. 1974. Т. 14. № 5. С. 881—887.
- Головков В. П., Коломийцева Г. И., Коняшенко Л. П., Семенова Г. М. Каталог среднегодовых значений геомагнитного поля мировой сети магнитных обсерваторий. Москва, 1983. Вып. XVI. 342 с.
- Завойская И. Н. О силовой и кинетической частях активности вековых геомагнитных вариаций. *Геофиз. журн.* 1990. Т. 12. № 1. С. 60—66.
- Калинин Ю. Д. Вековые геомагнитные вариации. Новосибирск: Наука, 1984. 160 с.
- Обридко В. Н., Гольшев С. А., Левитин А. Е. Связь крупномасштабного магнитного поля Солнца в циклах солнечной активности со структурой ММП, оказавшей влияние на геомагнитную активность. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2004. Т. 44. № 4. С. 449—452.
- Сумарук П. В., Левитин А. Е., Фельдштейн Я. И., Афонина Р. Г., Белов Б. А. Вариации магнитного поля, продольных токов в период  $B_z > 0$  компоненты ММП. *Геофиз. журн.* 1987. Т. 9. № 1. С. 11—20.
- Сумарук Ю. П., Сумарук П. В. Особливості вікових варіацій геомагнітного поля у північній полярній частині Землі. *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35. № 2. С. 137—145.
- Сумарук Ю. П., Сумарук П. В., Бахмутов В. Г. Варіації магнітного поля в Антарктиді і міжпланетне магнітне поле. *Бюл. Укр. антаркт. центру*. 2000. Вип. 3. С. 176—187.
- Сумарук П. В., Фельдштейн Я. И., Белов Б. А. Полярная электроструя в период магнитной бури 23—24 марта 1969 г. *Геофиз. журн.* 1992. Т. 14. № 3. С. 79—81.
- Сумарук П. В., Харин Е. П. Азимутальная компонента межпланетного магнитного поля 1958—1964. Материалы Мирового центра данных. Москва, 1979. 88 с.
- Шевнин А. Д., Левитин А. Е., Громова Л. Е., Дремухина Л. А., Канара Л. Н. Солнечная циклическая вариация в магнитных элементах обсерватории «Москва». *Геомагнетизм и аэрономия*. 2009. Т. 49. № 3. С. 315—320.
- Яременко Л. Н., Мищенко Ю. П., Шендеровская О. Я. Вековые изменения геомагнитного поля в Антарктиде. *Бюл. Укр. антаркт. центру*. 2000. Вип. 3. С. 188—191.
- Data catalogue. Kyoto, 2005. № 27. 183 p.
- Dremukhina L., Gromova L., Levitin A., Shevnin A., Avde-

- eva E., 2008. Long-term changes of geomagnetic field on IZMIRAN observatory. Physica of auroral phenomena. *Proc. XXXI annual seminar. Apatite*. P. 57—60.
- Mandea M., 2001. How well is the main field secular variations known? *Contrib. Geophys. Geodes.* 31(1), 233—243.
- Maus S., Lühr H., 2005. Signature of the quiet time magnetospheric magnetic field and its electromagnetic induction in the rotating Earth. *Geophys. J. Int.* 162, 755—763.
- Verbanac G., Lühr H., Korte M., Mandea M., 2007. Contributions of the external field to the observatory annual means and proposal for their corrections. *Earth Planet. Space.* 59, 251—257.

## Secular variation of geomagnetic field in Antarctica

© Yu. P. Sumaruk, T. P. Sumaruk, 2016

The changes of the geomagnetic field secular variations at the Antarctic magnetic observatories for 1956—2010 years were investigated. The comparison between the secular variations at the Antarctica continent and at north polar cap and adjacent observatories in the middle latitudes of the south hemisphere was performed.

The conclusion was drawn that secular variations at the high latitudes of the Earth have three sources: first — changes of the position of the central dipole and also changes of the value of its magnetic momentum, second — the changes of the intensities of the tectonic sources. These sources create the south-African and Antarctic magnetic anomalies? And third — the changes of geomagnetic activity depending on the sign of general magnetic field of the Sun, and correspondently, on the sign of the vertical component of the interplanetary magnetic field.

**Key words:** secular variations, magnetic anomalies, geomagnetic activity, general magnetic field of the Sun.

### References

- Akasofu S. I., Chapman S., 1975. Solar terrestrial physics. Moscow: Mir, 231 p. (in Russian).
- Ben'kova N. P., Kolomyitseva G. I., Cherevko T. N., 1974. Analytical model of the magnetic field and its secular variations for 400 years (1550—1950). *Geomagnetizm i aeronomiya* 14(5), 881—887 (in Russian).
- Golovkov V. P., Kolomyitseva G. I., Konyashenko L. P., Semenova G. M., 1983. Catalog meanyear meanings of the geomagnetic field for world magnetic observatory net. Moscow, is. XVI, 342 p. (in Russian).
- Zavoyskaya I. N., 1990. Force and kinematical part of activity of century geomagnetic variations. *Geofizicheskiy zhurnal* 12(1), 60—66 (in Russian).
- Kalinin Yu. D., 1984. Secular geomagnetic variation. Novosibirsk: Nauka, 160 p. (in Russian).
- Obrydko V. N., Golyshev S. A., Levitin A. E., 2004. Connection of the general magnetic field in the solar activity cycles to the structure of IMF, that have influenced on the geomagnetic activity. *Geomagnetizm i aeronomiya* 44(4), 449—452 (in Russian).
- Sumaruk P. V., Levitin A. E., Fel'dshteyn Ya. I., Afonina R. G., Belov B. A., 1987. Variations of the magnetic field, field-aligned currents and electrical fields at the polar cap during  $B_z > 0$  component IMF. *Geofizicheskiy zhurnal* 9(1), 11—20 (in Russian).
- Sumaruk Yu. P., Sumaruk P. V., 2013. Special features of secular variations of geomagnetic field in the northern polar area of the Earth. *Geofizicheskiy zhurnal* 35(2), 137—145 (in Ukrainian).
- Sumaruk Yu. P., Sumaruk P. V., Bakhmutov V. G., 2000. Variations of the magnetic field at Antarctic continent and interplanetary magnetic field. *Byuleten' Ukrayins'koho antarktychnoho tsentru* (is. 3), 176—187 (in Ukrainian).
- Sumaruk P. V., Fel'dshteyn Ya. I., Belov B. A., 1992. Polar electrojet during period of the magnetic storm 23–24 march 1969. *Geofizicheskiy zhurnal* 14(3), 79—81 (in Russian).
- Sumaruk P. V., Kharin E. P., 1978. Azimutal component of the interplanetary magnetic field. 1958—1964. Materials World Data Center. Moscow, 88 p. (in Russian).
- Shevnin A. D., Levitin A. E., Gromova L. E., Dremukhina L. A., Kanara L. N., 2009. Solar cyclic variation on the magnetic elements of observatory «Moskva». *Geomagnetizm i aeronomiya* 49(3), 315—320 (in Russian).



- Yaremenko L. N., Mishchenko Yu. hP., Shenderovskaya O. Ya., 2000. Secular changes of geomagnetic field at the Antarctic Continent. *Byuleten' Ukrayins'koho antarktychnoho tsentru* (is. 3), 188—191 (in Russian).
- Data catalogue. Kyoto, 2005. № 27. 183 p.
- Dremukhina L., Gromova L., Levitin A., Shevnin A., Avdeeva E., 2008. Long-term changes of geomagnetic field on IZMIRAN observatory. Physica of auroral phenomena. *Proc. XXXI annual seminar. Apatite*. P. 57—60.
- Mandea M., 2001. How well is the main field secular variations known? *Contrib. Geophys. Geodes.* 31(1), 233—243.
- Maus S., Lühr H., 2005. Signature of the quiet time magnetospheric magnetic field and its electromagnetic induction in the rotating Earth. *Geophys. J. Int.* 162, 755—763.
- Verbanac G., Lühr H., Korte M., Mandea M., 2007. Contributions of the external field to the observatory annual means and proposal for their corrections. *Earth Planet. Space.* 59, 251—257.