

ДИНАМІКА ВІКОВИХ ВАРІАЦІЙ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ПОЛЯРНИХ ШАПКАХ ЗЕМЛІ

В роботі досліджено вікові варіації геомагнітного поля в південній та північній полярних шапках Землі за весь період спостережень. Показано, що вікові варіації генеруються внутрішніми і зовнішніми джерелами. Зроблено припущення, що внутрішніми джерелами є струми на границі ядро-мантія, а також струми у тектоносфері, зовнішні – струми в магнітосфері та іоносфері. Величини вікових варіацій від зовнішніх джерел залежать від сонячної та геомагнітної активності та змінюються циклічно, від внутрішніх джерел – зменшуються.

Ключові слова: вікові варіації; внутрішні і зовнішні джерела; полярні шапки Землі.

Вступ

Вікові варіації (ВВ) геомагнітного поля мають складну просторово-часову структуру. В даний час, немає сумніву, що значну частину їх складають варіації від зовнішніх джерел [Калинин, 1984; Шевнин и др., 2009].

Розділення ВВ від зовнішніх та внутрішніх джерел має важливе значення, так як дозволяє виділити ВВ від внутрішніх джерел в чистому вигляді і таким чином покращити розуміння механізмів генерації головного магнітного поля Землі.

Силкові лінії геомагнітного поля в полярних шапках контактують із силковими лініями міжпланетного магнітного поля, тому дані геомагнітних обсерваторій, розміщених в полярних шапках, несуть найбільш повну інформацію про варіації від зовнішніх джерел, що спрощує задачу виділення ВВ від внутрішніх джерел. Зовнішніми джерелами варіацій геомагнітного поля в полярних шапках є кільцевий магнітосферний струм та струми затікання від авроральних іоносферних електроструменів [Акасофу, Чепмен, 1975] та надзвичайно потужний полярний іоносферний електрострум [Сумарук и др., 1992]. Кільцевий магнітосферний струм генерує на поверхні Землі однорідне магнітне поле, силкові лінії якого перпендикулярні площині геомагнітного екватору, тому варіації в полярних шапках, в основному, відображаються в вертикальній компоненті (збільшують Z в північній полярній шапці і зменшують – в південній). Вплив цього струму найбільший на обсерваторіях THU і RES в північній полярній шапці і VOS – в південній.

Полярні іоносферні електрострумені тісно пов'язані з азимутальною компонентою міжпланетного магнітного поля (ММП) [Сумарук, Харин, 1979] і наявні в обох полярних шапках. Вони охоплюють геомагнітні полюси. Максимальні електрострумені на широтах $\pm 80^\circ$, а напрям залежить від знаку азимутальної компоненти ММП. Струм найінтенсивніший на денній стороні, в місцевий літній сезон. Вплив його на ВВ відображається на обсерваторіях RES, MBC та DRV, в горизонтальній компоненті, оскільки ці обсерваторії знаходяться під полярними електроструменями, або близько них, та на обсерваторіях THU і VOS, в Z -компоненті поля, так як вони знаходяться близько фокусу системи струмів.

Методи досліджень та їх реалізація

Метою даної роботи є дослідження динаміки змін ВВ в полярних шапках Землі та суміжних регіонів за експериментальними даними геомагнітних обсерваторій, що входять в INTERMAGNET. Дані про обсерваторії можна знайти у [Catalogue, 2005], тут подано АВВ-код, географічні та геомагнітні координати обсерваторій. Для дослідження вибрано середньорічні значення вертикальної (Z) та горизонтальної (H) компоненти поля [Головков и др., 1983]. ВВ вираховувались як різниці між середньорічними значеннями послідовних років. Для виключення короткоперіодних ВВ проведено усереднення ВВ за кожні п'ять послідовних років (1956 – 1960, позначено – 1960 і т.д.). ВВ вираховувались як різниці між середньорічними значеннями послідовних років. Для виключення короткоперіодних ВВ, проведено усереднення ВВ за кожні п'ять послідовних років (1956 – 1960, позначено – 1960 і т.д.).

На рис. 1 показані усереднені за кожні п'ять послідовних років ВВ вертикальної компоненти геомагнітного поля на антарктичних (рис. 1, а) (VOS, DRV, SYO, NVL, MOL, SBA, MIR) та арктичних (рис. 1, б) (THU, RES, MBC) обсерваторіях. Величина ВВ(Z) позитивна в обох полярних і зросла до початку сімдесятих років. Це значить, що абсолютна величина Z в північній полярній шапці зростала, а в південній – спадала. Максимальні значення ВВ(Z) в південній полярній шапці спостерігаються на обсерваторіях SYO ВВ(Z)=150 нТл/рік, NVL ВВ(Z)=135 нТл/рік, MOL ВВ(Z)=150 нТл/рік в інтервалі часу 1971 – 1975 роки. На обсерваторіях, які знаходяться ближче до магнітного полюсу (DRV, SBA, MIR) максимальна величина ВВ(Z) значно менша. Це означає, що в цей час повна індукція поля в Антарктиді зменшувалась нерівномірно. В північній полярній шапці на обсерваторії THU максимальне ВВ(Z) = 46 нТл/рік також спостерігаємо в інтервалі часу 1971-1975 років, хоча повна індукція поля тут зростала. Такий характер змін ВВ(Z) можна інтерпретувати двояко: внутрішнє джерело зміщується до північної полярної шапки, або ж варіацію генерує зовнішнє джерело.

Швидкість спаду величини $BB(Z)$ в Антарктиді почала різко зменшуватись у другій половині 70-х років.

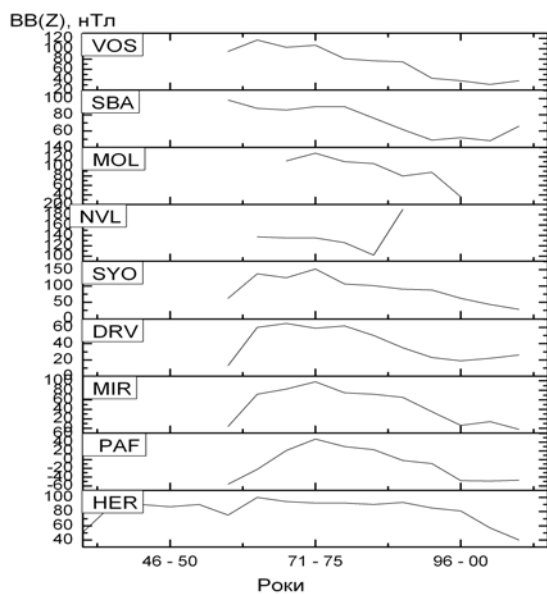
В [Mandea, 2001] така різка зміна названа джерком. В цей час $BB(Z)$ в північній полярній шапці змінює знак, тобто абсолютна величина Z починає також зменшуватися, а в південній полярній шапці Z і далі продовжує зменшуватися, тобто інтерпретувати всю зміну $BB(Z)$ зміщенням внутрішнього джерела вже не можна і потрібно припускати, що деяка частина варіацій генерується зовнішнім джерелом.

На рис. 2 показано усереднені за кожні послідовні п'ять років величини BB горизонтальної (H) компоненти на тих же обсерваторіях, що і на рис. 1.

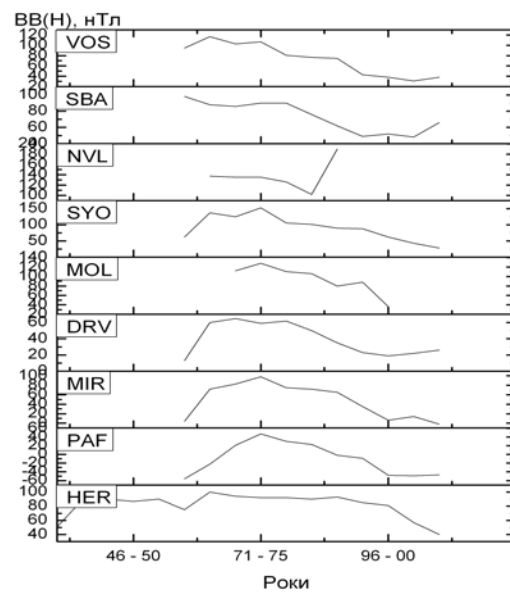
В південній полярній шапці на обсерваторіях

VOS, DRV, SBA $BB(H) > 0$, на авроральних широтах на обсерваторії NVL $BB(H) < 0$, а на обсерваторіях SYO і MOL $BB(H) \sim 0$. Такий розподіл $BB(H)$ говорить про значний вплив на $BB(H)$ магнітосферних та іоносферних електрострумів.

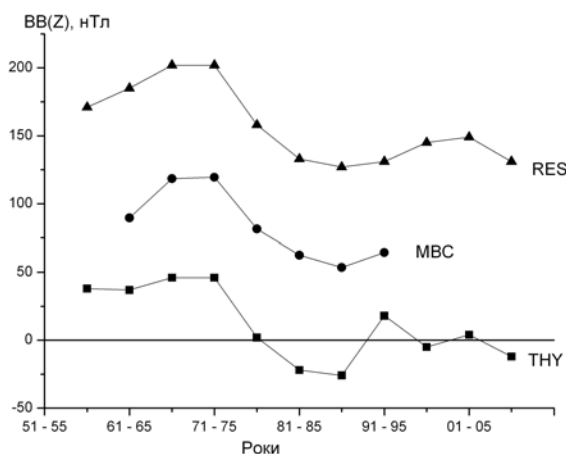
Обсерваторії в полярній шапці знаходяться під дією полярного іоносферного електроструменя та кільцевого магнітосферного струму, авроральні і субавроральні обсерваторії – під впливом авроральних електрострумів, або зворотніх струмів від них, тому $BB(H) < 0$. На рис. 3, б показані $BB(H)$ на обсерваторіях північної полярної шапки THU, RES і MBC . Як бачимо, характер змін $BB(H)$ на THU і RES такий же як і на VOS, DRV та SBA , а на MBC – як на MOL і SYO . Знаки $BB(H)$ в північній і південній полярних шапках – протилежні.



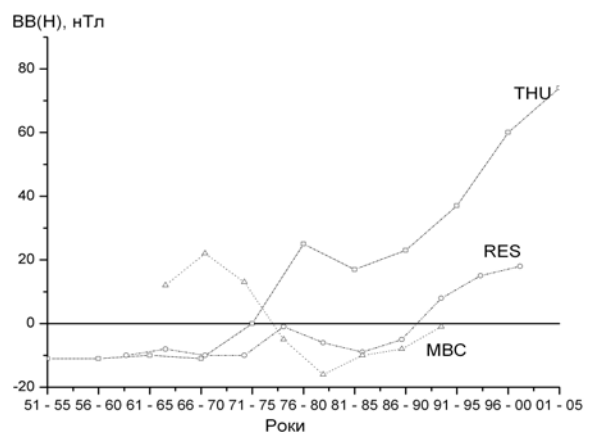
а)



а)



б)



б)

Рис. 1. Усереднені величини вертикальної компоненти геомагнітного поля $BB(Z)$ на антарктичних (а) та арктичних (б) обсерваторіях

Рис. 2. Усереднені величини горизонтальної компоненти геомагнітного поля $BB(H)$ на антарктичних (а) та арктичних (б) обсерваторіях

Як вказувалось вище, зміни вертикальної компоненти геомагнітного поля в південній полярній шапці відбуваються неоднаково. Так, максимальна величини ВВ(Z) на обсерваторіях SYO, NVL, MOL значно більші, ніж на приполюсних обсерваторіях VOS, DRV, SBA, MIR. Це вказує на те, що крім струмів на границі ядро-мантія та зовнішніх на ВВ впливають також регіональні джерела.

Висновки

Вікові варіації в полярних шапках Землі мають складну просторово-часову структуру. Їх джерела знаходяться як всередині так і ззовні Землі.

Вікові варіації в північній та південній полярних шапках Землі добре корелюють між собою. Максимальних значень ВВ набули в кінці 70-х років, після чого розпочався спад їх абсолютних величин.

Внутрішні джерела розміщені як на границі ядро-мантія (зміна центрального диполя) так і в тектоносфері.

Зовнішні джерела: магнітосферний кільцевий струм та іоносферні струми добре відображаються як в вертикальній так і горизонтальній компонентах вікових варіацій.

Література

Акасофу С. И., Чепмен С. Солнечно – земная физика. – М.: Мир, 1975. – 231 с.

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.

Калинин Ю.Д. Вековые геомагнитные вариации. Новосибирск., Наука. – 1984. – 160 с.

Обридко В.Н., Голишев С.Л., 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., Харин Е.П. Азимутальная компонента ММП за 1958-1964 гг. // М.: МГК. – 1979. – 89 с.

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.

Шевнин А.Д., Левитин А.Е., Громова Л.Е., Дремухина Л.А., Кайнара Л.Н. Солнечная циклическая вариация в магнитных элементах обсерватории “Москва” // Геомагнетизм и аэрономия. – 2009. – Т. 49, № 3. – С. 315 – 210.

Mandea M. How well is the main field secular variations known? // Contributions to Geophys. and Geodesy. – 2001. – V. 31, № 1. – P. 223 – 243.

ДИНАМИКА ВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОЛЯРНЫХ ШАПКАХ ЗЕМЛИ

Ю.П. Сумарук, Т.П. Сумарук

Исследовано вековые вариации геомагнитного поля в южной и северной полярной шапках Земли за все время наблюдений. Показано, что вековые вариации генерируются внутренними и внешними источниками. Сделано предположение, что внутренние источники это токи на границе ядро-мантія, а также в тектоносфере, а внешние – токи в магнитосфере и ионосфере. Величина вековых вариаций от внешних источников зависит от солнечной и геомагнитной активности изменяются циклично, а от внутренних источников – уменьшается.

Ключевые слова: Вековые вариации; внутренние и внешние источники; полярные шапки Земли.

DYNAMICS OF SECULAR VARIATIONS OF GEOMAGNETIC FIELD OVER THE EARTH'S POLAR CAPS

Yu.P. Sumaruk, T.P. Sumaruk

Secular variations (SV) of the geomagnetic field at the south and north polar caps are investigated for all observations times. It is shown that secular variations are generated by internal and external origins. It is supposed that internal origins are currents on the mantle – core border and also in tectonosphere and external origins – currents in the magnetosphere and ionosphere. Values SV from external origins depend on solar and geomagnetic activities and from internal origins are decreased.

Key words: secular variations; internal and external origins; polar caps of Earth.