

Динаміка вікових варіацій геомагнітного поля з часом

© Ю. П. Сумарук¹, Т. П. Сумарук¹, Я. Реда², 2016

¹Інститут геофізики НАН України, Київ, Україна

²Інститут геофізики ПАН, Варшава, Польща

Надійшла 17 серпня 2016 р.

Представлено членом редколегії М. І. Орлюком

Изучены временные изменения вариаций геомагнитного поля, сглаженных 3- и 11-летними бегущими средними. Найдены опорные годы, когда вековые вариации меняют знак или изменяется скорость изменения величины вариаций. Показано, что опорные годы наблюдаются в годы экстремумов солнечной активности и совпадают с годами джерков в вековых вариациях. Сделан вывод о том, что джерки имеют значительную компоненту от внешних источников.

Ключевые слова: вековые вариации, джерки, солнечная активность, геомагнитная активность, числа Вольфа, магнитосферные и ионосферные источники, опорные годы.

Вступ. Варіації геомагнітного поля мають складну просторово-часову структуру. Розділення просторових і часових змін поля — складна задача, оскільки не ідентифіковано усі джерела варіацій та динаміку їх змін з часом. Важливим інструментом під час вивчення варіацій геомагнітного поля є його вікові варіації (ВВ), які також змінюються і в часі, і в просторі.

Більшість учених вважає, що ВВ мають джерела всередині Землі. ВВ вираховують як різницю між усередненими за рік абсолютними значеннями поля. За такого усереднення всі нерегулярні варіації від зовнішніх джерел мають зникати [Калинин, 1984]. Як показано у публікаціях [Sumaruk, 2000; Verbanac et al., 2007; Ладынин, Попова, 2008; Шевнин и др., 2009], в одержаних таким методом ВВ є компоненти, пов'язані зі зміною сонячної активності, — квазідворічні та 11-річні варіації. Їх можна виключити, усереднивши ряд ВВ біжним вікном відповідного інтервалу часу. В роботі [Sumaruk, 2001], за даними обсерваторій північної полярної шапки Землі, зроблено припущення, що у ВВ крім короткоперіодних є вікові (80—100 років) варіації, пов'язані із сонячною активністю, тобто із зовнішніми джерелами.

Питання джерел таких варіацій є дискусійним, особливо після появи в літературі поняття про особливий тип змін ВВ — джерки. Джерк — це стрибок у другій похідній по часу від величини геомагнітного поля, різка зміна швидкості [Головков, Симонян, 1989], або перша похідна по часу від ВВ. У статтях [Alexandresku et al.,

1996; Le Huy et al., 1998; Mandeia, 2001; Mandeia et al., 2000] зазначено, що джерелами джерків є струми всередині Землі, сформовані зміною режиму роботи геомагнітного динамо або появою нових вихорів [Рузмайкин и др., 1989]. Роки появи джерків не одні й ті самі. Так, М. Mandeia [Mandeia, 2001] вважає, що джерки з'явилися у 1870, 1901, 1925, 1969, 1978 рр. В. П. Головков за даними спостережень магнітних обсерваторій, розміщених в середніх широтах Європи та Азії, починаючи з 1925 р. визначив джерки в 1947, 1969 рр., а також показав, що епохи різних змін вікового ходу статистично приурочені до років максимумів сонячної активності.

Мета роботи: визначити роки зміни знака ВВ та їх першої похідної за даними спостережень магнітних обсерваторій світової мережі, які мають довгі часові ряди даних спостережень і розміщені на різних континентах, та порівняти одержані результати із змінами сонячної і геомагнітної активності. Такі роки називатимемо опорними.

Використані дані. Для дослідження взято середньорічні значення повної напруженості геомагнітного поля (Т) (www.geomag.bgs.ac.uk/gifs/annual_means.html) на обсерваторіях, назви яких, а також АВВ-код, географічні широта і довгота подано в табл. 1, ВВ обчислено, як різницю між послідовними середньорічними значеннями. Отримані ряди ВВ на кожній обсерваторії згладжували 3- та 11-річними біжними середніми для виключення короткоперіодних варіацій, пов'язаних із сонячною активністю.

Т а б л и ц я 1. Список магнітних обсерваторій, дані яких використано у статті

Обсерваторія	ABB код	Широта, град	Довгота, град
Туле (Данія)	THU	77,48	290,83
Годхавн (Данія)	GDH	69,23	306,48
Барров (США)	BRW	71,30	203,25
Діксон (Росія)	DIK	73,55	80,57
Тромсо (Норвегія)	TRO	69,67	18,95
Тіксі (Росія)	TIK	71,58	129,00
Німек (Німеччина)	NGK	52,07	12,68
Тбілісі (Грузія)	TFS	42,08	44,40
Санкт-Петербург (Росія)	LNN	59,95	30,70
Іркутськ (Росія)	IRT	52,17	104,45
Алібаг (Індія)	ABG	18,64	72,87
Шешань (Китай)	SSH	31,10	121,19
Тананаріве (Мадагаскар)	TAN	-18,92	47,55
Амберлі (Нова Зеландія)	AML	-43,15	172,72
Гнангара (Австралія)	GNA	-31,78	115,95
Фредеріксбург (США)	FRD	38,20	282,63
Пілар (Аргентина)	PIL	-31,67	296,12
Маусон (Австралія)	MAW	-67,60	62,88
Дюмон-д'Юрвіль (Франція)	DRW	-66,67	140,01

Під терміном згладжування t -річним біжним середнім маємо на увазі процедуру усереднення деякого ряду $x_i(t)$ за пробний період $t = n+1$ (n — парне), в результаті чого одержуємо новий ряд:

$$x_j = \frac{1}{n+1} \sum_{i=j-\frac{n}{2}}^{i=j+\frac{n}{2}} x_i.$$

Сонячну активність схарактеризовано середньорічними числами Вольфа, взятими із

сайта (<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/sgd.html>).

Результати. На рис. 1, а показано вікові варіації напруженості геомагнітного поля ВВ(Т), згладжені 3- та 11-річними біжними середніми на обсерваторіях Санкт-Петербург (LNN), Алібаг (ABG), Шешань (SSH), Тананаріве (TAN), Амберлі (AML), Гнангара (GNA), Фредеріксбург (FRD) і Пілар (PIL), а на рис. 1, б — Німек (NGK), Тбілісі (TFS) та Іркутськ (IRT). Надійні дані щодо ВВ(Т) маємо з кінця ХІХ ст. на чоти-

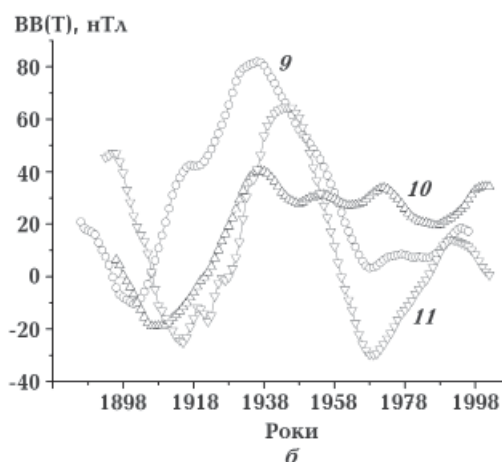
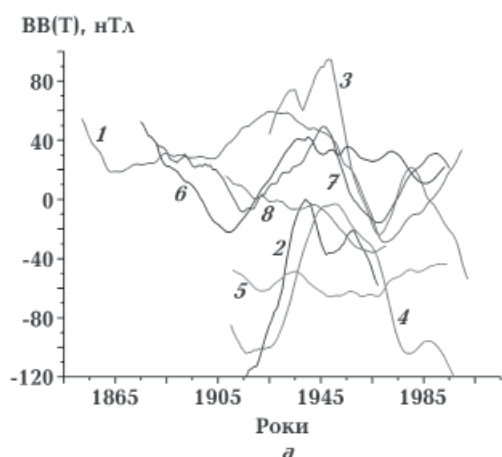


Рис. 1. Вікові варіації напруженості геомагнітного поля ВВ(Т), згладжені 3- і 11-річними біжними середніми на магнітних обсерваторіях: а — АВГ (1), ТАН (2), ГНА (3), ФРД (4), ПІЛ (5), ЛНН (6), SSH (7), АМЛ (8); б — ТФС (9), НГК (10), ІРТ (11),

р्यों обсерваторіях — ABG, LNN, TFS, SSH. До 1900 р. величина ВВ(Т) на цих обсерваторіях була додатною, причому на обсерваторії ABG зростала незначно, на SSH — спадала, а на TFS і LNN — різко спадала. В 1896—1900 рр. ВВ(Т) на двох останніх обсерваторіях змінила знак, а на ABG — продовжувала зростати. Слід зазначити, що за даними обсерваторії ABG похідна по часу від ВВ(Т) змінила знак близько 1870 р., що підтверджує результат роботи [Mandea, 2001]. У 1870 р. спостерігався максимум 11-го циклу сонячної активності. Наприкінці XIX — на початку XX ст. розпочали роботу обсерваторії FRD у США; PIL — в Аргентині; AML — у Новій Зеландії; IRT — у Росії; TAN — на Мадагаскарі; GNA — в Австралії і продовжили роботу обсерваторії NGK і LNN. Таким чином, на всіх континентах ведуться регулярні вимірювання абсолютних величин геомагнітного поля, в результаті отримано довгі ряди ВВ тривалістю понад 100 років. Зіставлення графіків усіх названих вище обсерваторій дає змогу виділити опорні роки за проміжок часу з початку XX ст. до 2010 р. Такими роками є 1907, 1920, 1936, 1947, 1960, 1969, 1979, 1986, 2003.

У табл. 2 наведено зміни ВВ(Т) в опорні роки на обсерваторіях Північної півкулі, а в табл. 3 — Південної півкулі Землі. Крім знака ВВ(Т) указано стан поля у певний рік і подальшу зміну абсолютних величин ВВ: ріст — «>»; спад — «<»; максимальні величини — «max»; мінімальні величини — «min»; зміна знака — «0». В остан-

ньому стовпчику показано роки максимумів чи мінімумів сонячної активності, вираженої числами Вольфа, та номери 11-річних циклів. Протягом досліджуваного інтервалу часу спостережено 9 опорних років. У ці роки ВВ(Т) досягли екстремальних значень або змінювали знак. У 8 випадках опорні роки збігалися з роками максимумів сонячної активності або наставали пізніше на 2—3 роки. В опорний 1986 р. спостерігали мінімум сонячної активності. Зміна знака ВВ(Т) та екстремальні значення спостерігали у Північній півкулі Землі у максимумах 14-го, 15-го, 17—21-го та 23-го циклів сонячної активності. У максимумах 17-го та 20-го циклів ВВ(Т) досягає екстремальних значень, і немає обсерваторії, де б вона змінювала знак.

У Південній півкулі Землі ВВ(Т) від'ємні у досліджуваному інтервалі часу, крім обсерваторії AML у Новій Зеландії та GNA в Австралії, що знаходяться близько нульової ізопори ВВ [Орлов и др., 1968]. ВВ(Т) на аргентинській обсерваторії PIL, що розміщена біля мінімальної ізолінії повної напруженості геомагнітного поля, та на обсерваторії AML мало змінюються за зміни сонячної та геомагнітної активності.

Слід підкреслити, що на обсерваторії FRD, що розміщена на Північноамериканській тектонічній плиті, ВВ(Т) є від'ємними весь інтервал часу, амплітуда змін сягає 124 нТл. Це пов'язано з тим, що обсерваторія знаходиться поблизу від'ємного фокуса ізопор ВВ [Орлов и др., 1968].

Т а б л и ц я 2. Зміни ВВ(Т) в опорні роки на магнітних обсерваторіях Північної півкулі Землі

Рік	THU	GDH	BRW	DIK	TRO	TIK	NGK	TFS	LNN	IRT	ABG	FRD	SSH	CA
1907							– max	0	– max	0	+	– >	+	1907 max, 14
1920							0	+	0	– <	+	– max	0	1917 max, 15
1936							+	+	+	+	+	– <	+	1937 max, 17
1947		0		+	+		+	+	+	+	+	– min	+	1947 max, 18
1960	+	+	–	+	+	+	+	+	+	0	0	– >	0	1957 max, 19
1969	+	+	+	+	+	–	+	+	+	–	–	–	–	1969 max, 20
1979	0	0	0	0	+	–	+	+	+	–	–	– max	0	1979 max, 21
1986	–	–	–	–	+	–	+	+	+	+	–	– min	+	1986 min, 21—22
2003	–	–	+	+	+	+	+	+	+	0	+	– max	0	2000 max, 23

Т а б л и ц я 3. Зміна ВВ(Т) в опорні роки на магнітних обсерваторіях Південної півкулі Землі

Рік	TAN	AML	GNA	PIL	MAW	DRW	Сонячна активність
1907	- max	+ >		-			1907 max, 14
1920	- <	0	+ >	- max			1917 max, 15
1936	- <	- max	+ min	- min			1937 max, 17
1947	- min	- >	+ max	- max			1947 max, 18
1960	- >	- max	0	-	- >	- >	1957 max, 19
1969	- max	-	- max	- <	- max	- max	1969 max, 20
1979	- <	- max	+ max	- <	- <	- <	1979 max, 21
1986	- <	-	0	-	- <	- <	1986 min, 21—22
2003	+ >	- >	- >	-	- <	- min	2000 max, 23

Обсерваторії у північній та південній полярних шапках Землі GDH (25), THU (311), MAW (12), DRV (14) почали свою роботу у 1950—1960 рр., тому їх ряди ВВ(Т) короткі, але дані спостережень дуже цінні, тому що силові лінії геомагнітного поля, які проходять через обсерваторії (параметр DL подано у дужках біля назви обсерваторії), контактують із сонячним вітром, це дає змогу оцінити внесок зовнішніх джерел у ВВ.

На рис. 2 показано ВВ(Т) на обсерваторіях THU, GDH, DRV і MAV. Незгладжені дані щодо ВВ на цих обсерваторіях опубліковано для північної полярної шапки у статті [Сумарук, Сумарук, 2013б], а для південної — у статті [Сумарук, Сумарук, 2013а]. Напруженість магнітного поля Землі у північній полярній шапці за даними обсерваторії GDH зменшувалась до 1947 р., однак швидкість зменшення спадала, і у 1947 р. величина ВВ(Т) дорівнювала нулю, у цьому самому році спостерігався максимум 18-го циклу сонячної активності. На обсерваторії GDH з 1947 до 1969 р. величина ВВ(Т) > 0, а на обсерваторії THU з 1956 до 1969 р. зростала, тобто напруженість геомагнітного поля збільшувалась прискорено. Магнітні обсерваторії DRV і MAW у південній полярній шапці спостерігали в цей час ріст абсолютних величин ВВ(Т) < 0, тобто напруженість геомагнітного поля зменшувалась прискорено. Прискорене зростання напруженості геомагнітного поля у північній полярній шапці і прискорене змен-

шення її у південній також можна пояснити зміщенням центрального диполя до півночі [Орлов и др., 1968]. Однак за такого зміщення центрального диполя середньоширотні магнітні обсерваторії мають фіксувати такий самий знак ВВ, як і високоширотні. Проте вони спостерігали зміни протилежного знака, які легко пояснити зростанням геомагнітної активності. Додатні значення ВВ(Т) у середніх широтах почали спостерігати у 1920-х роках, за 15-го циклу сонячної активності, в якому середньорічні значення чисел Вольфа були максимальними ($W_{\max}=104$). Максимальні абсолютні значення ВВ(Т) в обох полярних шапках було зареєстровано у 1969 р., спостерігався максимум аномального 20-го циклу сонячної активності ($W_{\max}=106$). Після 1969 р. абсолютні значення ВВ(Т) у північній полярній шапці зменшувались, у 1978—1979 рр. знову змінили знак з додатного на від'ємний. Розпочалося зменшення напруженості геомагнітного поля, що тривало до 1986 р. У полярній шапці Південної півкулі Землі зміну знака ВВ(Т) у 1979 р. не спостерігали, абсолютна величина їх продовжувала зменшуватися. Такий процес триває донині, що відображує зменшення величини центрального диполя геомагнітного поля.

На рис. 3 показано ВВ(Т) на обсерваторіях у північній зоні полярних сьвів: Тромсю, Діксон, Тіксі і Барров. Величини ВВ(Т) у північній зоні полярних сьвів та полярній шапці збігаються за фазою (див. рис. 2, 3). Екстремальні значення

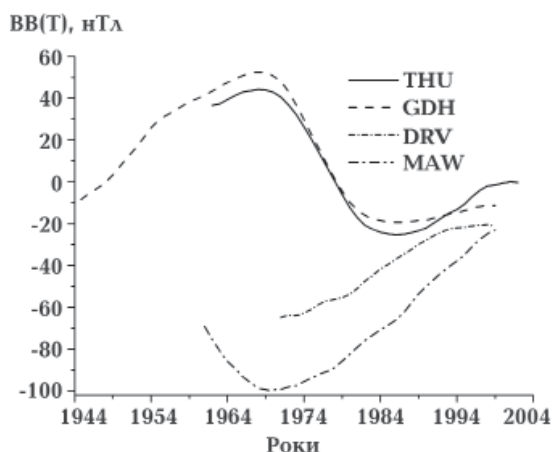


Рис. 2. Вікові варіації напруженості геомагнітного поля $BB(T)$ на магнітних обсерваторіях північної (THU, GDH) та південної (DRV, MAW) полярних шапок Землі, згладжені 3- і 11-річними біжними середніми.

спостерігаються в 1970, 1986 та 2003 рр. Знак на обсерваторіях зони полярних сьвів змінюється у різні роки, оскільки графіки зсунуті по осі ординат на певну величину, постійні за часом для кожної обсерваторії. Зсунувши графіки по осі ординат на цю величину, можна знайти рік одночасної зміни знаків на усіх обсерваторіях. Можливість виконати таку операцію вказує на те, що $BB(T)$ у зоні полярних сьвів генеруються принаймні двома джерелами. Перше джерело не змінюється або мало змінюється з часом, друге — змінюється за квазисинусоїдальним законом. Знайти таку закономірність для зони полярних сьвів у Південній півкулі неможливо, оскільки там немає магнітних обсерваторій. За даними обсерваторій південної полярної шапки, як згадано вище, можна визначити екстремум $BB(T)$ у 1969 р.

Обговорення. Визначені опорні роки вікових варіацій — це роки екстремумів сонячної активності, деякі з них збігаються з роками джерків, дані щодо яких опубліковано в літературі. Автори роботи [Le Huy et al., 1998] на підставі аналізу даних багатьох обсерваторій вважають, що джерки є глобальним явищем. Існує думка, що джерки мають джерела всередині Землі [Головков, Симонян, 1989; Le Huy et al., 1998; Alexandresku et al., 1996; Manda, 2001], однак не всі дослідники дотримуються її [Molin, Hodder, 1982]. Анхел і Деметреску [Anghel, Demetrescu, 1980] різку зміну BB у 1969 р. трактують як вплив сонячної активності. Як указано вище, В. П. Головков і співавт. [Головков, Симонян, 1989] також наголошували, що джерки статистично приурочені до максимумів сонячної активності. Постає питання — де зна-

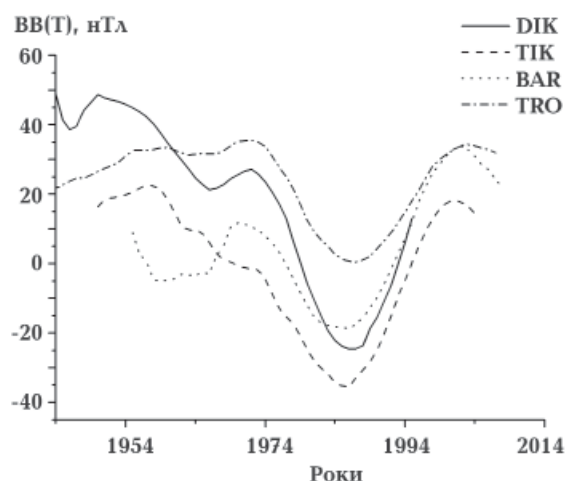


Рис. 3. Вікові варіації напруженості геомагнітного поля $BB(T)$ на магнітних обсерваторіях північної зони полярних сьвів TRO, DIK, TIK, BRW, згладжені 3- і 11-річними біжними середніми.

ходяться джерела джерків вікових варіацій? Вікові варіації мають декілька джерел. Перше джерело — зміна величини магнітного моменту центрального диполя та його переміщення. Зазначену зміну мають одночасно зафіксувати всі магнітні обсерваторії. Переміщення диполя веде до збільшення BB у напрямку переміщення і до зменшення — у протилежному напрямку. Цей процес легко змодельовати [Брагинский, 1982]. Другим джерелом регіональних змін BB може бути турбулентність на межі ядро—мантія [Рузмайкин и др., 1989]. Такий механізм може генерувати BB з періодом 80 і 100 років. Коливання з коротшими періодами екрануються мантією. Відомо, що у варіаціях сонячної активності також є періоди 80 років [Гибсон, 1977]. Третім джерелом змін BB є магнітосферно-іоносферні струми та індуквані ними струми у провідних шарах літосфери. Величина складової від зовнішніх джерел залежить від широти магнітної обсерваторії. В роки великої геомагнітної активності внесок у BB від кільцевого магнітосферного струму найбільший на екваторі [Космическая..., 1976] і зменшується із збільшенням широти, причому на екваторі він відображується у горизонтальній складовій, на полюсі — у вертикальній. Авроральні електрострумені роблять найбільший внесок у BB на авроральних і субавроральних широтах залежно від різниці індексів західного (AL) та східного (AU) електроструменів. У середніх широтах зміна геомагнітної активності відображується у BB як горизонтальної, так і вертикальної компоненти.

Як зазначено вище, опорні роки ВВ(Т) збігаються з роками сонячної активності або запізняються на 2—3 роки, внаслідок того що геомагнітна активність у деяких циклах запізняється на 2—3 роки відносно сонячної [Joselyn, 1995]. Таке запізнення є результатом росту рекурентності сонячної активності на фазі спаду деяких циклів сонячної активності, що відображується у ВВ(Т) [Сумарук, Сумарук, 2009]. Опорні 1920 (1917), 1960 (1957), 2003 рр. (2000) запізняються на 3 роки щодо максимумів сонячної активності, які вказано у дужках. На фазі спаду 19-го (1960 р.) і 23-го циклів (2000 р.) були потужні рекурентні геомагнітні екстрабури [Ермолаев и др., 2005], що привело до зсуву максимуму геомагнітної активності на 3 роки. Даних щодо екстрабури на фазі спаду 15-го циклу немає. Вісім опорних років збігаються з роками максимумів геомагнітної активності і тільки один рік (1986) збігся з мінімумом. Роки джерків ВВ, дані стосовно яких опубліковано в літературі, збігаються з опорними роками. Отже, можна зробити висновок, що джерки ВВ геомагнітного поля відбуваються в роки екстремумів сонячної і геомагнітної активності, важливу роль (можливо основну) в їх генерації відіграють зовнішні джерела.

Список літератури

- Брагинский С. И. Аналитическое описание вековых вариаций геомагнитного поля и скорости вращения Земли. *Геомагнетизм и аэрономия*. 1982. Т. 22. № 1. С. 115—122.
- Гибсон Э. Спокойное Солнце. Москва: Мир, 1976. 510 с.
- Головков В. П., Симонян А. О. Джерки в вековых геомагнитных вариациях на интервале 1930—1980 гг. *Геомагнетизм и аэрономия*. 1989. Т. 29. № 1. С. 164—167.
- Ермолаев Ю. И., Зеленый Л. М., Застенкер Г. Н., Петрукович А. А., Митрофанов И. Г., Литвак М. Л., Веселовский И. С., Панасюк М. И., Лазутин Л. Л., Дмитриев А. В., Жуков А. В., Кузнецов С. Н., Мягкова И. Н., Ушков Б. Ю., Курт В. Г., Гнездилов А. А., Горгуца Р. В., Маркеев А. К., Соболев Д. Е., Фомичев В. В., Кузнецов В. Д., Болдырев С. И., Черток И. М., Боярчук К. А., Крашенинников И. В., Коломийцев О. П., Лещенко Л. Н., Белов А. В., Гайдаш С. П., Канониди Х. Д., Богачев С. А., Житник И. А., Игнатъев А. П., Кузин С. В., Опарин С. Н., Перцов А. А., Слемзин В. А., Сухогров Н. К., Шестов С. В., Тохчукова С. Х., Михалев А. В., Белецкий А. Б., Костылева Н. В., Черниговская М. А., Гречнев В. В., Кудела К. Солнечные и гелиосферные возмущения приведшие к сильной магнитной буре 20 ноября 2003 г. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2005. Т. 45. № 1. С. 23—50.
- Калинин Ю. Д. Вековые геомагнитные вариации. Новосибирск: Наука, 1984. 160 с.
- Космическая геофизика. Под ред. А. Эгеланда. Москва: Мир, 1976. 510 с.
- Лагунин А. В., Попова А. А. Квазипериодические флуктуации скорости векового хода геомагнитного поля по данным мировой сети обсерваторий за 1985—2005 гг. *Геология и геофизика*. 2008. Т. 49. № 12. С. 1262—1273.
- Орлов В. П., Ивченко М. И., Базаржапов А. Д., Коломийцева Г. И. Вековой ход геомагнитного поля для периода 1960—1965 гг. Москва: Изд. ИЗМИ РАН, 1968. 68 с.
- Рузмайкин А. А., Соколов Д. Д., Шукуров А. М. О природе вековых вариаций главного магнитного поля Земли. *Геомагнетизм и аэрономия*. 1989. Т. 29. № 6. С. 1001—1006.
- Сумарук Т. П., Сумарук П. В. Рекурентна геомагнітна активність і великомасштабне магнітне поле Сонця. *Космічна наука і технологія*. 2009. Т. 15. № 1. С. 57—62.

- Сумарук Ю. П., Сумарук Т. П. Динаміка вікових ва-
ріацій геомагнітного поля в полярних шапках
Землі. *Геодинаміка*. 2013а. №2(15). С. 335—337.
- Сумарук Ю. П., Сумарук Т. П. Особливості вікових
варіацій геомагнітного поля в північній полярній
частині Землі. *Геофиз. журн.* 2013б. Т. 35. № 12.
С. 137—145.
- Шевнин А. Д., Левитин А. Е., Громова Л. И., Дремухи-
на Л. А., Кайнара Л. Н. Солнечная циклическая
вариация в магнитных элементах обсерватории
«Москва». *Геомагнетизм и аэрономия*. 2009.
Т. 49. № 3. С. 315—320.
- Alexandrescu M., Giber D., Hulot G., Le Mouél J.-L., Sar-
acco G., 1996. Worldwide wavelet analysis of geo-
magnetic jerks. *J. Geophys. Res.* 101, 21975—21994.
- Anghel M., Demetrescu C., 1980. The effect of solar ac-
tivity on the secular variations of the geomagnet-
ic field in Romania. *Phys. Earth Planet. Int.* 22(1),
53—59.
- Le Huy M., Alexandrescu M., Hulot G., Le Mouél J.-L.,
1998. On characteristics of successive geomagnetic
jerks. *Earth, Planets and Space* 50, 723—732.
- Joselyn J. A., 1995. Geomagnetic activity forecasting:
the state of art. *Rev. Geophys.* 33(3), 383—401.
- Mandea M., 2001. How well is the main-field secular
variation known? *Contrib. Geophys. Geod.* 31(1),
233—243.
- Mandea M., Bellanger E., Mouél J.-L., 2000. A geomag-
netic jerk for the end of the 20th century. *Earth
Planet. Sci. Lett.* 183, 369—373.
- Molin S., Hodder B., 1982. Was the 1970 geomagnet-
ic jerk of internal or external origin? *Nature* 296,
726—728.
- Sumaruk Yu. P., 2001. On external sources of secular
variations of the Earth's magnetic field. *Contrib.
Geophys. Geod.* 31(1), 353—354.
- Sumaruk Yu. P., 2000. Sources of secular variations of
the Earth's magnetic field. *Contrib. Geophys. Geod.*
30(2), 158.
- Verbanac G., Luhr H., Rother M., Korte M., Mandea M.,
2007. Contributions of the external field to the ob-
servatory annual means and proposal to their correc-
tions. *Earth, Planets and Space* 59, 251—257.

Dynamics of temporal changes of geomagnetic field secular variations

© Yu. P. Sumaruk, T. P. Sumaruk, 2016

Time changes of the geomagnetic field secular variations, cleaned by three and eleven years running means were studying. The years of the changes of sign secular variations and years of the changes of their velocity were found. It was shown that these years are observed at the solar activity extremeness and the secular variations jerks coincide with these years also. It made conclusion that jerks have great component due external sources.

Key words: secular variations, jerks, solar activity, geomagnetic activity, Wolf numbers, magne-
tospheric and ionospheric sources, fulcrum years.

References

- Braginskiy S. I., 1982. Analytical description of the
secular variation of the geomagnetic field and the
rotation velocity of the Earth. *Geomagnetizm i aer-
onomiya* 22(1), 115—122 (in Russian).
- Gibson E., 1977. The quiet Sun. Moscow: Mir, 408 p.
(in Russian).
- Golovkov V. P., Simonian A. O., 1989. Jerk in the geo-
magnetic variations at the interval 1930—1980 years.
Geomagnetizm i aeronomiya 29(1), 164—167 (in Rus-
sian).
- Ermolaev Yu. I., Zelenyy L. M., Zastenker G. N., Petru-
kovich A. A., Mitrofanov I. G., Litvak M. L., Veselovs-
kiy I. S., Panasyuk M. I., Lazutin L. L., Dmitriev A. V.,
Zhukov A. V., Kuznetsov S. N., Myagkova I. N.,
Ushkov B. Yu., Kurt V. G., Gnezdilov A. A., Gorgut-
sa R. V., Markeev A. K., Sobolev D. E., Fomichev V. V.,
Kuznetsov V. D., Boldyrev S. I., Chertok I. M., Boyar-
chuk K. A., Krasheninnikov I. V., Kolomyitsev O. P.,
Leshchenko L. N., Belov A. V., Gaydash S. P.,
Kanonidi Kh. D., Bogachev S. A., Zhitnik I. A., Ig-
natiev A. P., Kuzin S. V., Oparin S. N., Pertsov A. A.,
Slemzin V. A., Sukhodrev N. K., Shestov S. V., Tokh-
chukova S. Kh., Mikhalev A. V., Beletskiy A. B., Ko-
styleva H. V., Chernigovskaya M. A., Grechnev V. V.,
Kudela K., 2005. Solar and geliospheric disturbances
driving to the great magnetic storm at 20 november

2003. *Geomagnetizm i aeronomiya* 45(1), 23 — 50 (in Russian).
- Kalinin Yu. D., 1984. Secular geomagnetic variations. Novosibirsk: Nauka, 160 p. (in Russian).
- Kosmical geophysics*, 1976. Ed. A. Egeland. Moscow: Mir, 510 p. (in Russian).
- Ladynin A. B., Popova A. A., 2008. Quasiperiodic fluctuations of the velocity of the geomagnetic field secular variations on the data of the world net observatories for 1985—2005. *Geologiya i geofizika* 49(12), 1262—1273 (in Russian).
- Orlov V. P., Ivchenko M. I., Bazarzhapov A. D., Kolomiitseva G. I., 1968. Secular march of the geomagnetic field for 1960—1965. Moscow: Publ. IZMIRAN, 68 p. (in Russian).
- Ruzmaykin A. A., Sokolov D. D., Shukurov A. M., 1989. On the nature of the secular variations of the Earth's main magnetic field. *Geomagnetizm i aeronomiya* 29(6), 1001—1006 (in Russian).
- Sumaruk T. P., Sumaruk P. V., 2009. Recurrent geomagnetic activity and large-scale magnetic field of the Sun. *Kosmichna nauka i tekhnologiya* 15(1), 57—62 (in Ukrainian).
- Sumaruk Yu. P., Sumaruk T. P., 2013a. Dynamics of the geomagnetic field secular variations at the polar caps of the Earth. *Geodynamika* 2(15), 335—337 (in Ukrainian).
- Sumaruk Yu. P., Sumaruk P. V., 2013b. Peculiarities of the geomagnetic field secular variations at the northern polar cap of the Earth. *Geofizicheskiy zhurnal* 35(12), 137—145 (in Ukrainian).
- Shevnin A. D., Levitin A. E., Gromova L. I., Dremukhina L. A., Kaynara L. N., 2009. Solar cyclic variation in the magnetic elements at the observatory «Moscow». *Geomagnetizm i aeronomiya* 49(3) 315—320 (in Russian).
- Alexandrescu M., Giber D., Hulot G., Le Mouél J.-L., Saracco G., 1996. Worldwide wavelet analysis of geomagnetic jerks. *J. Geophys. Res.* 101, 21975—21994.
- Anghel M., Demetrescu C., 1980. The effect of solar activity on the secular variations of the geomagnetic field in Romania. *Phys. Earth Planet. Int.* 22(1), 53—59.
- Le Huy M., Alexandrescu M., Hulot G., Le Mouél J.-L., 1998. On characteristics of successive geomagnetic jerks. *Earth, Planets and Space* 50, 723—732.
- Joselyn J. A., 1995. Geomagnetic activity forecasting: the state of art. *Rev. Geophys.* 33(3), 383—401.
- Mandea M., 2001. How well is the main-field secular variation known? *Contrib. Geophys. Geod.* 31(1), 233—243.
- Mandea M., Bellanger E., Mouél J.-L., 2000. A geomagnetic jerk for the end of the 20th century. *Earth Planet. Sci. Lett.* 183, 369—373.
- Molin S., Hodder B., 1982. Was the 1970 geomagnetic jerk of internal or external origin? *Nature* 296, 726—728.
- Sumaruk Yu. P., 2001. On external sources of secular variations of the Earth's magnetic field. *Contrib. Geophys. Geod.* 31(1), 353—354.
- Sumaruk Yu. P., 2000. Sources of secular variations of the Earth's magnetic field. *Contrib. Geophys. Geod.* 30(2), 158.
- Verbanac G., Luhr H., Rother M., Korte M., Mandea M., 2007. Contributions of the external field to the observatory annual means and proposal to their corrections. *Earth, Planets and Space* 59, 251—257.