

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра фізики

Дипломна робота
магістра

з теми: «**ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ**»

Виконав:
студент 2 курсу, групи F1-M21
спеціальності 014 Середня освіта
(Фізика)

Сіреджук Віталій Васильович

Керівник: **Оптасюк С.В.**,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент

Рецензент: **Пилипюк Т.М.**,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент

Кам'янець-Подільський – 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. МАГНІТНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ.....	5
1.1. Будова і характеристики магнітного поля Землі.....	5
1.2. Поля світових аномалій.....	8
1.3. Вікові варіації магнітного поля Землі.....	11
РОЗДІЛ 2. СОНЯЧНА АКТИВНІСТЬ.....	20
2.1. Поняття сонячної активності.....	20
2.2. Сонячні плями.....	21
2.3. Цикли сонячної активності.....	22
2.4. Сонячні джерела геомагнітної активності.....	23
2.5. Індекси геомагнітної активності.....	25
2.5.1. К індекс.....	26
2.5.2. С індекс.....	27
2.5.3. aa і Aa індекси.....	27
2.5.4. Індекс A.....	28
2.5.5. Kp, ap і Ap індекси.....	30
2.5.6. AU, AL, AE, AO індекси.....	31
2.5.7. Dst індекс	34
2.5.8. ASY і SYM індекси	35
2.5.9. PC індекс.....	35
2.5.10. Km, Kn, Ks індекси.....	36
РОЗДІЛ 3. ВАРІАЦІЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ ЯК ІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА ДОСЛІДЖЕНЬ НАВКОЛИШНЬОГО КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ.....	38
3.1. Магнітні бурі як прояв збурення магнітного поля Землі.....	38
3.2. Типи варіацій магнітного поля Землі.....	40
3.3. Індекси магнітної активності.....	42
3.4. Джерела інформації про варіації магнітного поля.....	44

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ.....	45
4.1. Реєстрація варіацій магнітного поля Землі.....	45
4.2. Обробка та аналіз експериментальних даних.....	47
4.3. Визначення K-індексу магнітного поля Землі.....	48
4.4. Геомагнітна ситуація та визначення магнітних бур у 2022 року.....	51
4.5. Дослідження впливу сонячної активності на варіації магнітного поля Землі.....	53
4.6. Визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля землі (лабораторна робота).....	57
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	66
Додаток А. МАГНІТНІ СИГНАЛИ, ЗАРЕЄСТРОВАНІ У 2022 році.....	66

ВСТУП

Останнім часом проблемам сонячно-земної фізики, зокрема проблемі глобальних змін клімату приділяється підвищена увага. Не підлягає сумніву, що клімат нашої планети залежить від Сонця і сонячної активності. Зокрема, зміна припливу енергії у магнітосфері Землі може призводити до аномальних змін клімату [1].

Взаємодія корпускулярних та радіаційних потоків, що надходять від Сонця, з магнітосферою та іоносферою Землі формує стан космічної погоди. Їх варіабельність породжує різноманітні просторово-часові плазмові неоднорідності та приводить у геокосмосі до збурень магнітних і електричних полів [2].

Отже, під геомагнітною активністю розуміють збурення геомагнітного поля, що виникають при взаємодії магнітосфери з корпускулярним випромінюванням Сонця. Кількісною мірою геомагнітної активності є індекси геомагнітної діяльності, яких нараховується більше двадцяти різновидів, до того ж їх число постійно зростає. Найбільш поширеним індикатором геомагнітної активності, що визначається за даними геомагнітних спостережень, служить К-індекс геомагнітної активності, який представляє собою численні розкиди відхилень хвилинних значень геомагнітного поля від його значень у магнітоспокійних умовах на послідовних тричасових інтервалах.

Прискорення руху полюсів (в середньому на 3 км/год) і рух їх по коридорах інверсії магнітних полюсів (ці коридори дають можливість виявити більше 400 палеоінверсій) дозволяє припустити, що в такому переміщенні полюсів слід вбачати не дрейф, а чергову інверсію магнітного поля Землі [3].

Також спостерігається і зміна напруженості магнітного поля Землі. Напруженість земного магнітного поля падає, причому нерівномірно. За останні 22 роки вона зменшилася в середньому на 1,7%, а в деяких регіонах, наприклад, в південній частині Атлантичного океану, на – 10%. У деяких

місцях напруженість магнітного поля, всупереч загальній тенденції, навіть зросла [4].

З огляду на беззаперечний вплив варіацій магнітного поля Землі на стан здоров'я людини та працездатність техніки [1-4], а також враховуючи дрейф [1] та небезпеку інверсії магнітних полюсів [2], постає необхідність вивчення поведінки магнітного поля Землі та впливу на його варіації внутрішніх і зовнішніх факторів. Одним із вирішальних зовнішніх факторів є сонячна активність [5,7].

Мета проекту полягає у порівняльному аналізі варіацій магнітного поля Землі з даними сонячної активності, а саме індексів K_p та A .

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

- діагностика та аналіз збурень магнітосфери за даними вимірювань;
- проаналізувати добові та сезонні зміни векторів індукції;
- розробити методики виявлення малоамплітудних аномалій у часових рядах.

Об'єкт дослідження є геомагнітне поле та його варіації.

Предмет дослідження – локальні особливості змін магнітного поля та параметрів векторів індукції

Наукова новизна. Довготривале спостереження та аналіз даних, отриманих зі стаціонарного магнітометра ($48^{\circ}33'45.5''N$ $26^{\circ}27'25.0''$) та порівняння їх з даними інших геофізичних спостережень дозволить оцінити фактори впливу на геомагнітне поле сонячної активності, наземних техногенних збурень.

ВИСНОВКИ

В роботі показано, що Сонце постійно посиляє на Землю електромагнітні хвилі всіх областей спектра - від багатокілометрових радіохвиль до гамма-променів. Околиць Землі досягають також заряджені частки різних енергій - як високих (сонячні космічні промені), так і низьких і середніх (потоки сонячного вітру, викиди від спалахів). Також, Сонце випускає могутній потік елементарних часток - нейтрино. Однак вплив останніх на земні процеси зовсім мале: для цих часток земна куля прозора, і вони вільно крізь нього пролітають. Тільки дуже мала частина заряджених часток з міжпланетного простору попадає в атмосферу Землі (інші чи відхиляє чи затримує геомагнітне поле). Але їхньої енергії досить для того щоб викликати полярні сяйва і зміни магнітного поля нашої планети, усе це неминуче впливає на все живе і, можливо, неживе на планеті Земля.

В результаті аналізу даних встановлено наявність впливу сонячної активності на геомагнітне поле. Найкраща кореляція (до 30%) відповідає випадку порівняння з індексами K_p . Співпадіння з K_p компонентів складає для V_x, V_y, V_z відповідно 14, 12 і 10%. Кореляція з індексом A складає трохи більше 10%. Співпадіння з компонентами V_x, V_y, V_z 5,7, 5,2 та 9,3%.

Такі розбіжності можуть свідчити про те, що варіації сонячної активності не є єдиним джерелом змін магнітного поля Землі. Іншими джерелами можуть бути конвективні рухи магми у верхній та нижній мантії, відомості про які відсутні. Можливо, є потреба порівняти зміни магнітного поля Землі з активністю вулканів, хоча вони значно віддалені від місця реєстрації. Також можна порівняти з статистикою тектонічних процесів.

Результати даної роботи можуть бути використані для подальшого аналізу та виявлення певних закономірностей геомагнітних збурень, які передують високоенергетичним землетрусам, що можуть мати наслідки для території України., а також вивченні геофізичних явищ в закладах освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячолітній літопис незвичайних явищ природи. М.: Думка, -1988. 300с.
2. Zeldovich Ya.B., Ruzmaykin AA, Sokolov DD, Magnetic Fields in Astrophysics, RHD, M.-Izhevsk, -2006. -230с.
3. Campbell, WallaceHall. Introduction to Geomagnetic Fields. — NewYork: Cambridge University Press, 2003. — P. 57
4. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности / Витинский Ю.И. // Ленинград: Наука. – 1973. – 258 с.
5. Дубов Э.Е. Индексы солнечной и геомагнитной активности. Материалы Мирового центра данных Б. М.: Междуведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР, 1982. 35 с.
6. Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности. М.: Гидрометеиздат, 1977. 59 с.
7. Кауров Э. «Человек, Солнце и Магнитные Бури» // «Астрономия» РАН. 19.01. 2000г.
8. Petrukovich A.A. The use of solar wind measurements for the analysis and prediction of geomagnetic activity / Petrukovich A.A., Klimov S.I. // Cosmic Research. – 2000. – Vol. 38, No. 5. – P. 433-438.
9. Dudok deWit T. Synoptic radio observations as proxies for upper atmosphere modelling / Dudok deWit T., Bruinsma S., Shibasaki K. //Journal of Space Weather and Space Climate. – 2014. – P. 13-26.
10. Степанюк І. А. Передчуття геофізичних катастроф // Фізика. 2008. № 9. С. 42-44.
11. Мирошниченко Л. И. «Солнечная активность и земля»: М., Наука 1981г.
12. Паркер Е.Н., Динамические процессы в межпланетной среде, пер. с англ., М., 1965; Брандт Дж., Солнечный ветер, пер. с англ., М., 1973; Хундхаузен А., Расширение короны и солнечный ветер, пер. с англ., М., 1976.
13. Плазменная гелиогеофизика / Под ред. Л. М. Зелёного, И. С.

14. Ривин Ю.Р. Циклические вариации магнитных полей Солнца по данным наблюдений и возможные механизмы их генерации / Ривин Ю.Р. // Труды Всерос. конф. "Солнечная и солнечно-земная физика–2010" (РАН. Пулково, 3-9 окт. 2010). С.-Пб.: ГАО. – 2010. – С. 259–262.
15. Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. Под ред. А.Бруцека и Ш.Дюрана. М.: Мир, 1980. 254 с.
16. Троицкая В. А. Короткопериодные возмущения электромагнитного поля Земли, Вопросы изучения переменных электромагнитных полей. М.: Наука, С. 27-61. 1956.
17. Чижевский А. Л. «Земное эхо солнечных бур»: М., Мысль 1976г.
18. Широкова Е. «В плену солнечных бур» // Камчатское Время 26.04. 2001г.
19. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1978, 592с.
20. Mayaud P.N. Derivation, meaning and use of geomagnetic indices // AGU Geophysical Monograph 22. 1980.
21. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности / Витинский Ю.И. // Ленинград: Наука. – 1973. – 258 с.
22. Дубов Э.Е. Индексы солнечной и геомагнитной активности. Материалы Мирового центра данных Б. М.: Междуведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР, 1982. 35 с.
23. Заболотная Н.А. Индексы геомагнитной активности. М.: Гидрометеиздат, 1977. 59 с.
24. Кауров Э. «Человек, Солнце и Магнитные Бури»// «Астрономия» РАН. 19.01. 2000г.
25. Мирошниченко Л. И. «Солнечная активность и земля»: М., Наука 1981г.
26. Паркер Е.Н., Динамические процессы в межпланетной среде, пер. с англ., М., 1965; Брандт Дж., Солнечный ветер, пер. с англ., М., 1973; Хундхаузен А., Расширение короны и солнечны йветер, пер. с англ., М., 1976.
27. Плазменная елиогеофизика / Под ред. Л. М. Зелёного, И. С.

28. Ривин Ю.Р. Циклические вариации магнитных полей Солнца по данным наблюдений и возможные механизмы их генерации / Ривин Ю.Р. // Труды Всерос. конф. «Солнечная и солнечно-земная физика–2010» (РАН. Пулково, 3-9 окт. 2010). С.-Пб.: ГАО. – 2010. – С. 259–262.
29. Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. Под ред. А.Бруцека и Ш.Дюрана. М.: Мир, 1980. 254 с.
30. Троицкая В. А. Короткопериодные возмущения электромагнитного поля Земли, Вопросы изучения переменных электромагнитных полей. М.: Наука, С. 27-61. 1956.
31. Чижевский А. Л. «Земное эхосолнечных бурь»: М., Мысль 1976г.
32. Широкова Е. «В плену солнечных бурь» // Камчатское Время 26.04. 2001г.
33. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1978, 592с.
34. Mayaud P.N. Derivation, meaning and use of geomagnetic indices // AGU Geophysical Monograph 22. 1980.
35. P. Hargood, На компьютерной генерации geomagnetic K-indices from digital data, J. Geomagn. Geoelectr., 38, 861-871, 1986
36. K. Nowozynski, T. Ernst, J. Jankowski, Adaptive smoothing method for computer derivation of K-indices, Geophys. J. Int., 104, 85-93, 1991
37. J. Walker, Adaptive separation of regular and irregular magnetic activity for K-indices, J. Atmos. Terr. Phys. 49, 1017-1021, 1987
38. M. Menvielle et al., Computer production of K-indices: review and comparison of methods, Geophys. J. Int., 123, 866-886, 1995