

**УДК 004.67**

**Асистент Костенко К.О., студент Кашинець А.Я.**

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

## **ПОШУК ПЕРІОДИЧНОСТЕЙ У ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

### **Abstract**

*Kateryna O. Kostenko, assistant; Andriy Kashchynets, student  
Periodicity detection in geomagnetic data*

*This paper deals with researching of hurricanes and geomagnetic activity. Authors search for impact of hurricanes at geomagnetic field through atmospheric gravity waves. Modern periodicity detection methods are used.*

### **Вступ**

Тропічні циклони, урагани, тайфуні відіграють важливу роль у загальній циркуляції атмосфери. В той же час вони є потужним та небезпечним явищем стихії, за яким закріпилася слава одного з найжахливіших лих. Коли одночасно відбуваються ураганні вітри, піднімаються величезні океанські хвилі, проходять сильні зливи, які викликають повені, зсуви та сельові потоки, то все це спричиняє колосальні руйнування та часом забирає людські життя.

Тому проблема прогнозування ураганів є важливою та актуальною. В світі працюють декілька систем спостереження, вивчення та прогнозування ураганів, найпотужнішою серед яких є Центр прогнозування ураганів Національної гідрометеорологічної служби США.

На даний момент існують різні методи прогнозування місць та часу зародження ураганів в океані, які базуються на потужних комп'ютерних моделях та є порівняно надійними. В той же час вони мають вади, через які прогнози можуть бути спотворені.

### **Постановка задачі**

Важливим питанням є передбачення часу та місця виходу урагану на сушу, а також моментів стрибкоподібного посилення інтенсивності урагану. Згідно розробленої в Інституті космічних досліджень

Національної академії наук України гіпотези, ураган, внаслідок виділення внутрішньої енергії, переходить з одного стану в інший, з більшою інтенсивністю обертання. Частина енергії в процесі такого переходу випромінюється у вигляді інфразвукових та акусто-гравітаційних хвиль. Обидва типи хвиль викликають збурення іоносферної плазми. Викликані цими збуреннями струми в іоносфері в свою чергу збурюють геомагнітне поле, що може бути зафіксовано у вимірюваннях наземних магнітометричних станцій. В цьому випадку первинним фактором виступають акусто-гравітаційні хвилі (АГХ) [1].

Мета даної роботи – виявлення впливу акусто-гравітаційних хвиль на варіації геомагнітного поля.

### **Методика обробки**

Використовується гіпотеза, що первинним чинником впливу на геомагнітне поле є АГХ. Періоди цих хвиль лежать в діапазоні від 5 до 40 хвилин. Отже, потрібно переконатися, що відповідні періодичності присутні у даних вимірювань перед ураганом та відсутні в інші моменти часу.

Потрібно врахувати, що дані магнітних вимірювань мають дуже складну структуру, в якій присутні варіації з характерним часом в декілька діб, варіації з характерним часом 1 доба та внутрішньодобові варіації з різними характерними часами, в тому числі пік значень в момент сонячного півдня. Для виділення шуканих періодичностей вихідні дані потрібно попередньо обробити, видаливши так звані «паразитні» варіації.

З цією метою використовуються перші два етапи методу Census I – фільтрація та накладання епох. Спочатку ковзаючим середнім з вікном у 1440 вимірів (це кількість хвилин в одній добі) обчислюється сонячно-добовий тренд, який містить варіації з періодом, більшим за добу. Віднімаючи знайдений тренд від вихідного часового ряду, можна позбавитись від цих варіацій.

Далі обчислюється внутрішньодобовий тренд варіацій шляхом усереднення за всіма добами певного референтного проміжку часу. Віднімання цього тренду від оброблених вищевказаним методом даних дозволяє залишити в даних вимірювань лише варіації в потрібному діапазоні.

Використовуючи далі алгоритм для пошуку періодичностей, можна з'ясувати наявність (чи відсутність) у досліджуваних даних збурень, що викликані саме АГХ.

## Алгоритми пошуку періодичностей

Оскільки в попередній роботі [2] для обробки та аналізу даних вимірювань геомагнітних станцій використовувалися методи, що базуються на теорії вейвлетів, то для збереження єдиного підходу для пошуку періодичностей використовувалися також методи, які використовують вейвлет-аналіз [3, 4]. Основна їх ідея полягає у застосуванні вейвлет-перетворення до вихідних даних та проведенні аналізу наявності періодичностей на кожному рівні вейвлет-розвинення. Такі дії дозволяють визначати приховані періодичності [3].

Використовується дискретне вейвлет-перетворення за алгоритмом «à trous». Головна відмінність обраного перетворення полягає у тому, що воно є надлишковим, тобто не зменшує кількість даних удвічі на кожному наступному рівні розвинення. Саме тому воно дозволяє точніше визначати періоди у отриманих рівнях.

Аналіз на наявність періодів проводиться за допомогою методу аналізу мінімуму дисперсії (Phase Dispersion Minimization, PDM) [4], який, на відміну від перетворення Фур'є, дозволяє також добре визначати періоди, які проявляються не у вигляді синусоїд. Сутність методу полягає у визначенні відношення сумарної дисперсії підмножин даних, що охоплюють всю множину даних та обираються таким чином, що в межах кожної з них різниця часу однакова між сусідніми точками і дорівнює досліджуваному періоду, до загальної дисперсії. Близькість такого відношення до нуля тим більша, чим вище ймовірність наявності досліджуваного періоду.

## Експериментальні результати

В якості експериментальних даних (як і в роботі [2]) використовувалися дані вимірювань магнітних обсерваторій мережі INTERMAGNET. Розглядалися урагани Густав та Палома (серпень та листопад 2008 року відповідно) та Катріна (серпень 2005 року).

Використовувалися дані, отримані в обсерваторіях, що розташовані в містах Боулдер, Фрідріхсбург, Стейніц, Сан-Хуан, Борок, а також обсерваторії, що знаходиться в Антарктиді на дослідній станції «Академік Вернадський».

Окремо досліджувалися часові проміжки, які безпосередньо передували вказаним ураганам, а також проміжки, які відповідали спокійній ситуації.

## Висновки

В роботі продовжено дослідження по перевірці гіпотези про вплив ураганів на геомагнітне поле через акусто-гравітаційні хвилі. Для цього запропоновано використати алгоритми пошуку періодичностей. Обрано методи, які базуються на вейвлет-перетвореннях.

На основі розробленого програмного забезпечення проведено дослідження даних вимірювань магнітних обсерваторій.

Виконане дослідження показало наявність коливань із шуканими періодами в день зародження урагану.

## Література

1. *Nappo, Carmen J.* An Introduction to Atmospheric Gravity Waves. / Academic Press, 2002, 279 p.
2. *Селіванов Ю.О., Костенко К.О.* Комплексування експериментальних даних для дослідження взаємного впливу ураганів та геомагнітної активності // Друга конференція магістрантів та аспірантів «Прикладна математика та комп'ютинг ПМК-2010»: Київ, 14-16 квіт. 2010 р. : зб. тез доп. – К.: Просвіта, 2010 – с. 72-75
3. *X. Otazu, M. Rib'o, M. Peracaula, J. M. Paredes, J. N'uñez.* Detection of superimposed periodic signals using wavelets // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 333 (2), 2002, pp. 365-372
4. *R. F. Stellingwerf.* Period determination using phase dispersion minimization // Astrophysical Journal, Part 1, Vol. 224, 1978, pp. 953-960