

ПАРАМЕТРИ БЛИСКАВОК, ЩО ВЛУЧАЮТЬ У ПОВЕРХНЮ ВОДИ З РІЗНОЮ ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЮ

Бормотов О.В., аспірант, Шостак В.О., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра техніки і електрофізики високих напруг

Вступ. Дослідження характеристик блискавок, що влучають у водну поверхню, є продовженням попередніх робіт [1] та розвитком нових аспектів. Значення амплітуд струмів блискавок I (кА), що влучають в суходіл, пов'язані з електропровідністю ґрунту σ (См/м) [2]: $I = 16 + 2 \cdot 10^6 \sigma^2$.

Системи дистанційної реєстрації блискавок (СДРБ) з величезними масивами даних дають можливість перевірити існування таких залежностей в різних регіонах, в т.ч. для водних поверхонь, якщо у відповідних місцях відомі значення електропровідності.

Мета роботи. Дослідити, чи існує залежність між амплітудами струмів блискавок та електропровідністю води, коли блискавки влучають у водну поверхню, та чи відрізняються характеристики блискавок для місць розрядів у тверду та водну поверхню Землі. Також передбачається перевірити можливі відмінності згаданих аспектів для різних полярностей розрядів.

Матеріали і результати досліджень

1. Аналіз за маршрутом

Експериментальний шлях. В роботі [3] проведено експериментальне дослідження електропровідності води Великих озер Північної Америки. Визначення електропровідності води озера Онтаріо починалося з мису Поїнт Петре (43,840° пн. ш., 77,153° зх. д.) в західному напрямку до району Торонто

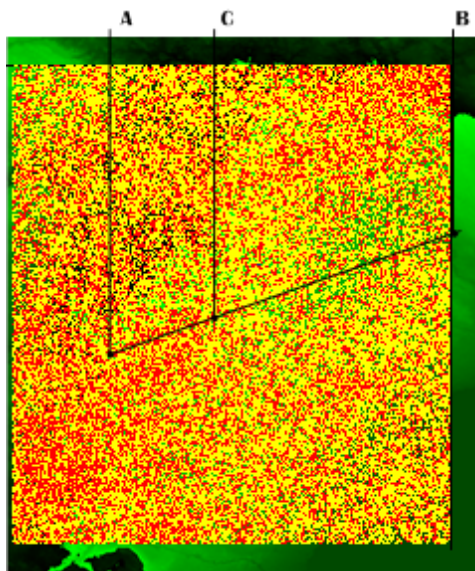


Рисунок 1 – Карта розподілення місць ударів блискавок позитивної (черв. плюс) та негативної (жовт. круг) полярності на оз. Онтаріо та маршрут А-В визначення електропровідності за [3]

(Місісага, 43,488° пн. ш., - 79,616° зх. д.). Прийемо за крайню ліву точку для аналізу місце з координатами 43,4 пн. ш., 79,7 зх. д. (точка А, рис. 1). Електропровідність зменшується із заходу на схід збоку північного берега оз. Онтаріо (рис. 2 та 3). По цьому ж маршруту можна дістати дані щодо струмів блискавок з СДРБ за 10 років [1].

Аналіз та побудову графіків характеристик блискавок на даному маршруті будемо проводити в напрямку від А до В (43,58 пн. ш., 79,15 зх. д.), як позначено на рис. 1, 2 та 3.

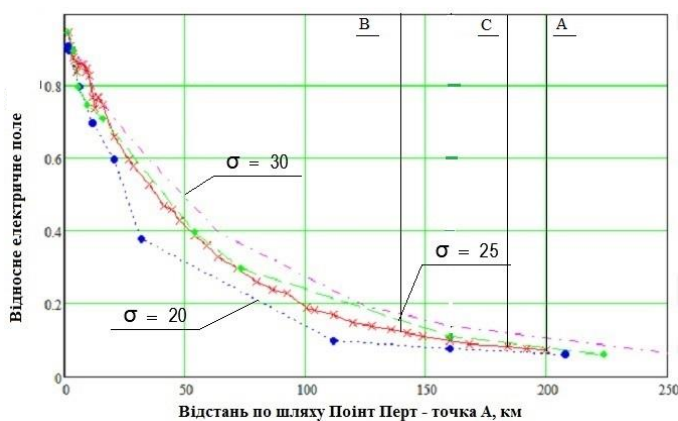


Рисунок 2 – Залежність відносного електричного поля від розміщення джерела сигналу на відстані 0-200 км (червоними хрестиками представлено значення електропровідності за [3])

показники: 8°C та 18,5°C, 17°C та 26,5°C. Аналогічні показники для періоду 2000-2009 років зведено в таблиці 1. Як видно, температурні режими за 2000-2009 роки мало (на 0,5°C) відрізняються від режиму за 1961 рік. Тому записи розрядів блискавок за 2000-2009 роки можна використати для нашого аналізу.

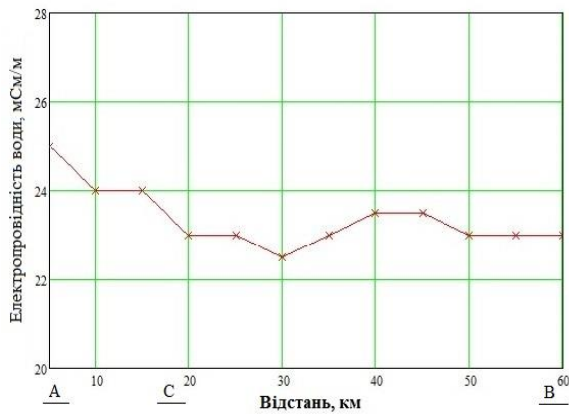
Таблиця 1 – Температурні показники для Торонто в період 2000-2009 роки

Рік	Середня мінімальна та максимальна температури, °C						Середня температура за 3 місяці	
	Травень		Червень		Липень			
	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.
1961	8	18,5	14	24	17	26,5	13	23
2000	8	18	14,5	24	17	26,5	13,17	22,83
2001	8,5	18,5	14	23,5	17	26,5	13,17	22,83
2002	8,5	18,5	13,5	24	16,5	26,5	12,83	23
2003	8,5	18,5	14	23,5	17	27	13,17	23
2004	8,5	18	13,5	24	17	26,5	13	22,83
2005	8,5	18,5	14	23,5	17	26,5	13,17	22,83
2006	8,5	18,5	13,5	23,5	16,5	27	12,83	23
2007	8,5	18,5	14	24,5	17	27	13,17	23,33
2008	8,5	18	13,5	24	17	26,5	13	22,83
2009	8	18,5	14	24	16,5	26,5	12,83	23

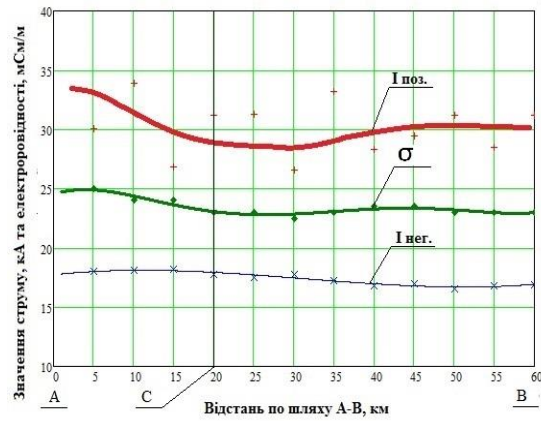
Зміна електропровідності води та струму на маршруті А-В. На рис. 2 показано експериментально визначену електропровідність води в озері Онтаріо. Для аналізу взято значення з правого боку графіку рис. 2 для відстані 200-140 км в напрямку із заходу на схід (рис.3а). На рис. 3б показано залежність струму блискавок та електропровідності від відстані із заходу на схід. Зазначимо, що для аналізу за маршрутом відбиралися лише червневі записи ударів блискавок за період 2000-2009 роки для виключення впливу сезонних змін провідності.

Температурні режими.

Електрична провідність води залежить від температури [3], тож для аналізу характеристик блискавок від електропровідності води необхідно звернути увагу на температурні режими в області, що аналізується. Річний графік розподілу температури повітря поблизу м. Торонто, Канада за період вимірювання провідності води (червень 1961 року) [4] показує, що середня мінімальна температура повітря у червні становила 14°C, а максимальна - 24°C, травень та липень того року мали, відповідно, наступні



а



б

Рисунок 3 – Залежності (а) експериментально визначеної електропровідності [3] та (б) 50% - значень струмів блискавок позитивної та негативної полярності від відстані по шляху А-В від точки А

Було визначено 50%- значення розподілу струмів блискавок негативної та позитивної полярності по комірках з розміром 5x5 км в напрямку аналізу. Вибірка за 10 років склала 6157 негативних та 758 позитивних ударів. Характер зміни кривої для струмів блискавок позитивної полярності близький до того, що має крива провідності: спостерігається спад всередині діапазону та плавний підйом значень в другій половині. Крива струму негативної полярності спадає в другій частині діапазону.

2. Зв'язок між струмом блискавок та електропровідністю за даними в різні місяці року

Згідно даних [3], провідність напрямку залежить від зміни температурного режиму (2,2 % за 1°C), тому доцільно провести аналіз залежності струму блискавок та провідності за весняні, літні та осінні місяці.

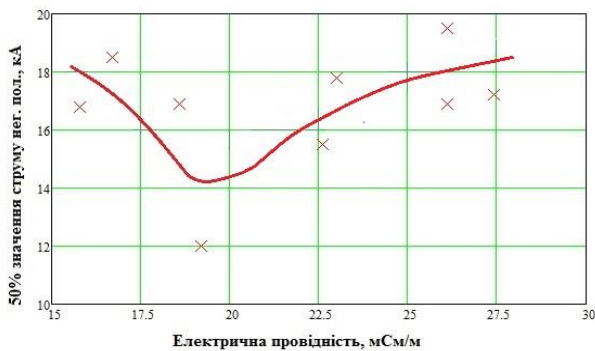


Рисунок 4 – Залежність струму негативних блискавок від електропровідності води оз. Онтаріо

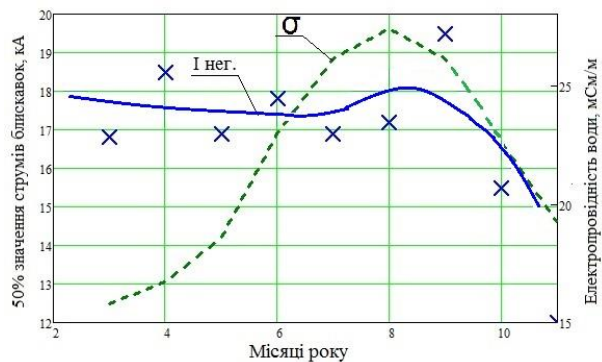


Рисунок 5 – Зміна 50%- значень струму негативних блискавок та електропровідності за місяцями

Для побудови графіку на рис. 4 визначено 50%- значення розподілів струмів блискавок в області радіусом 5 км навколо точки С (де в червні було заміряно значення електропровідності 23 мСм/м [3], рис. 3а, таке саме, як наведено для червня в даних її зміни протягом року [3]). На графіку спостерігається певний провал значень струму поблизу значень

електропровідності 19 мСм/м. Але далі, при більших значеннях електропровідності, які відповідають теплим літнім і надто холодним весняним та осіннім місяцям, спостерігається приблизно прямо пропорційна залежність амплітуд струмів негативних блискавок від електропровідності води в озері.

Для опису залежності струму блискавок від сезонної зміни погоди побудуємо розподіл струмів по місяцях для згаданої вже точки С (рис. 1 – 3), яка розташована на відстані 20 км від точки А, в колі радіусом 5 км. На рис. 5 наведено розраховану залежність зміни 50% - значень амплітуд струмів негативних блискавок протягом 9 місяців (бер.-лист.) за період 2000-2009 років та зміну електропровідності за відповідними місяцями. При малих значеннях електропровідності (рання весна та пізня осінь) значення струму є меншими, ніж всередині періоду. Значення струмів в серпні та вересні виходять на максимум з невеликим «відставанням» від подібної зміни у значеннях електропровідності (у липні-серпні). В подальшому доцільно визначити чисельні характеристики кореляції обговорюваних характеристик та запропонувати апроксимаційні залежності для практичного використання.

Можна також зазначити, що проведений аналіз підтверджує, що 50%-значення струмів позитивних блискавок, що влучають у водну поверхню є дещо вищими (на 10-15%), ніж для тих, які влучають в суходіл, що попередньо було виявлено для невеликої зони поблизу Торонто [1].

Висновки. 1) Характер зміни кривих електропровідності води σ та амплітуд струмів блискавок I позитивної полярності в межах шляху А-В є подібним. 2) Для негативної полярності блискавок спостерігається повільне спадання значень I на шляху А-В, синхронно з загальною тенденцією зниження σ . Але деталі варіацій σ не повторюються в залежності I , і кореляція між ними виглядає помітно слабшою, ніж для позитивних блискавок. 3) За даними для теплих місяців, коли σ змінюється в ширшому діапазоні (~19...27,5 мСм/м), можна говорити про певну пропорційність амплітуд струмів I негативних блискавок значенням електропровідності. 4) Для встановлення характеристик кореляції обговорюваних характеристик необхідно продовжити дослідження, в т.ч. провести уточнення розмірів областей для усереднення значень струму та використати точніші дані і райони щодо замірів електропровідності.

Перелік посилань

1. V. Shostak, O. Bormotov, W. Janichewskyj, T. Smatloch. Analysis of Lightning Detection Network Data for Selected Areas in Canada // *Proc. 31th Int. Conf. on Lightning Protection*, Vienna, Austria, 2012.
2. Кравченко В. И. Грозозащита радиоэлектронных средств. Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
3. Lorne H. Doherty, “Electrical Conductivity of the Great Lakes” // *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, November-December 1963, p.765-771.
4. Розподіл температури повітря впродовж року в Торонто, Канада // Інтернет-ресурс: weatherspark.com.