

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Горго Ю.П., Разумовський А.К.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Розроблена програма розрахунків спектру геомагнітного поля. Показано, що найбільші значення напруженості геомагнітного поля при магнітних бурях виникають на частотах нижче 1 Гц. Розглянуті деякі напрямки впливу наднизькочастотних флуктуацій магнітного поля Землі на біооб'єкти. Подані шляхи їх розрахунків. Визначені біологічні об'єкти, які можуть мати чутливість до дії слабких магнітних полів.

Ключові слова: геомагнітне поле, наднизькочастотні флуктуації, чутливість біооб'єктів.

Вступ. В цій роботі ми звертаємо особливу увагу на зміни магнітного поля Землі (МПЗ), які можуть мати впливи на біологічні об'єкти. Накопичено багато фактів співпадінь та прямих впливів МПЗ, особливо під час збурень (т.з. «магнітних бур»), які викликані змінами активності Сонця, на реакції і параметри нормальної життєдіяльності багатьох біологічних об'єктів [1]. В той же час модельні експерименти із впливами МП з амплітудними параметрами Землі в частотному діапазоні 1-100 Гц не принесли позитивних результатів таких відчутних впливів [2]. Крім того, існує питання, чому при магнітних бурях (МБ) виникають різні по силі реакції відповіді у одних і тих же біологічних об'єктах? Це відбувається тому, що при МБ виникають різні значення напруженості МПЗ. МБ також мають різні періоди своєї дії (від 1 до 9 годин) і відбуваються у різний час доби. Крім того на біологічні об'єкти можуть впливати напряму величина флуктуацій напруженості МПЗ та період дії таких флуктуацій, тому важливим фактором впливу на біологічні структури та об'єкти слід вважати амплітудно-частотні характеристики МПЗ в сукупності [3]. Слід також враховувати, що потужність впливів МПЗ залежать від: активності Сонця, сонячного вітру, локальних змін МПЗ (наприклад, магнітні аномалії), техногенних впливів і носять широтний характер [4]. Було вирішено дослідити, які значення напруженості МПЗ на різних частотах можуть впливати на властивості води і біологічно важливих молекул, що дозволить експериментально знайти або модельно визначити механізми молекулярної або клітинної чутливості до параметрів МПЗ.

Постановка завдання. Для цих цілей було поставлено завдання виявлення та розрахунку наднизькочастотних значень МПЗ з частотою < 1 Гц. Спектр варіацій геомагнітного поля для частот нижче 1 Гц не є монотонним, а має декілька характеристик максимумів, при цьому їх амплітуда зростає на чотири порядки (від 0.05 нТл до 500 нТл) при зменшенні частоти коливань до 0.001 Гц [5]. Ми хотіли виявити реальні значення наднизькочастотних компонентів МПЗ (НКМПЗ) в нормальних умовах і під час магнітних бур. А потім застосувати отримані експериментальні значення НКМПЗ для оцінки можливих реакцій на них біологічно важливих молекул і води [6].

Методика та програма розрахунків. Значення МПЗ на середніх широтах з частотою дискретизації 1 Гц були отримані у Середньоевропейській магнітометричній обсерваторії (Словаччина). Така частота вимірів робить можливим визначення наднизькочастотних значень із масиву даних. Дані були отримані за 2010-2014 роки, при цьому слід враховувати, що 2012-13 роки були роками актив-

ного Сонця. З цих даних для подальшої обробки була обрана компонента X. Дані про магнітні бурі за 2010-2014 рр. отримані із файлу Кіотського центру геомагнетизму (World Data Center for Geomagnetism; <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/expdata.html>). Ці дані давали інтенсивність та дні магнітних бур на Землі. Ми порівнювали розраховані значення НКМПЗ із сумарними добовими значеннями напруженості МПЗ у дні магнітних бур.

Була розроблена програма розрахунків НКМПЗ. Програма реалізована на мові програмування R. Для роботи програми використано базову версію інтерпретатора R та додатково встановлено пакет «Seewave-1.7.6», що має у залежностях пакети «fft» та «signal», які дозволяють працювати з дискретними сигналами, в тому числі їх моделювати, фільтрувати, та проводити Фур'є перетворення. Всі залежності були вільно встановлені з репозиторію CRAN за допомогою команди `install.packages('package')`. На 3 мБ вихідних даних після обробки приходиться 200 кБ кінцевих даних. Для обчислення обирали дані, що відповідають X-компоненті МПЗ. Були обчислені відхилення від середнього значення для коливань МПЗ на всіх частотах і для обчислених цих значень застосовано фільтр низьких частот з пакету Seewave (ffilter) для частот 0.1, 0.5, 0.01, 0.05, 0.001, 0.0001 Гц, які подавались у вигляді у вигляді: f1...f6. Такий діапазон частот був вибраний відповідно даним, що існує діапазон біоефективних частот 0.03-1 Гц магнітного поля з інтенсивністю МПЗ, пов'язаний з резонансами катіонів, що регулюють швидкість біохімічних реакцій в клітинах. Механізми виникнення таких резонансів мають циклотронний [7] чи параметричний характер [8]. Окрім цих частот, програма дозволяє розраховувати флуктуації МПЗ на вибраній частоті і в будь-якому вибраному періоді доби при не збурених станах магнітного поля та під час магнітних бур, завдяки можливості завдання та використання частотних фільтрів, а також передбачена адаптація програми до таких завдань.

Результати досліджень. Після розрахунку значень коливань на вище приведених частотах, програма записує 8 файлів у форматі png. Шість із них показують варіації МПЗ на певній заданій частоті (рис. 1); 1 графік, що містить накладання всіх вибраних частот за добу, локалізованих у одному файлі, та 1 графік середніх значень варіацій МПЗ за дві години на частоті 0,0001 Гц кожної доби (рис. 2). Також подані сумарні добові значення МПЗ на частоті 0,0001 Гц.

Отримані нами дані дозволили підтвердити, що зі зменшенням частоти збільшується інтенсивність МПЗ (з 0,03 нТл до 10 мкТл) (рис. 1), що підтверджує вище наведену теоретичну залежність.

На рис. 1 показано, що амплітуда МПЗ з частотою 0.0001 Гц має найбільше значення (від -15 до +10 нТл) в порівнянні із іншими вибраними частотами. Крім того показано, що кожна з обраних НКМПЗ проявляє себе по-різному в різні дні, що природно залежить від стану магнітосфери і відображається на характеристиках магнітного поля Землі.

Обраховані середні добові відхилення за 2 години на частоті 0.0001 Гц, дозволяють зіставити їх з характеристиками магнітних збурень у визначені дні магнітних бур (МБ). Вибірка днів з магнітними бурями була зроблена із даних Київського центру геомагнетизму за 2012-2014 рр.

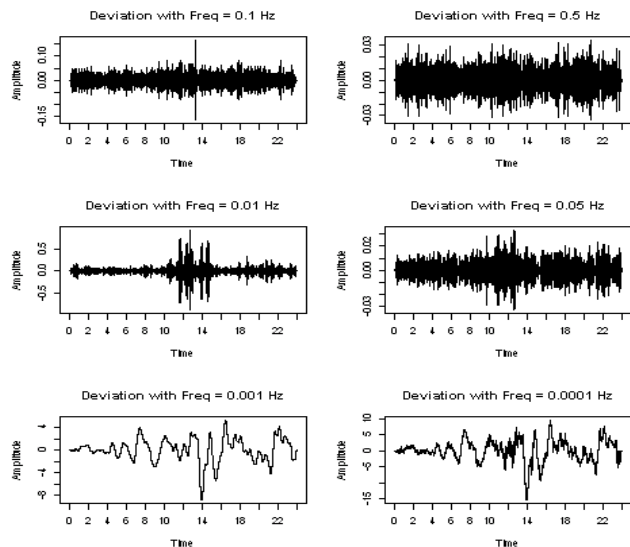


Рис. 1. Графіки варіацій МПЗ на частотах 0.1, 0.5, 0.01, 0.05, 0.001, 0.0001 Гц отримані за 1.01.14 р.

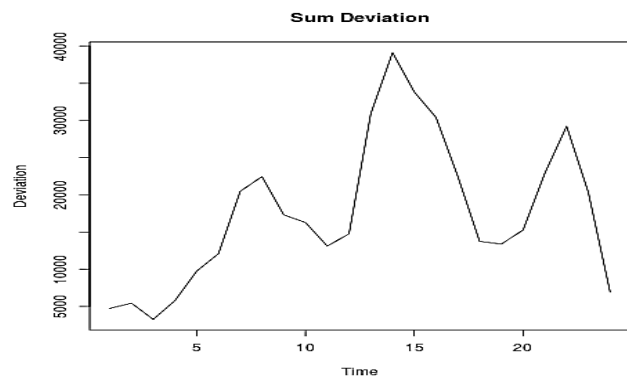


Рис. 2. Графік сумарного відхилення за 2 години на частоті 0.0001 Гц, протягом дня за 1.01.2014

Потім шляхом порівняння було визначено, які зміни МПЗ відбувалися на частоті 0.0001 Гц в дні прояву магнітних бур та виявлено, що реальні коливання МПЗ на частоті 0.0001 Гц під час значних магнітних збурень при МБ досягали значень від 200 нТл до 350 мкТл. Ці значення будуть використані при створенні системи моделювання характеристик магнітного поля Землі для визначення ступеня їх впливу на різні процеси, які відбуваються у біологічних об'єктах та воді. Крім того, на виході програми подається погодинний графік змін напруженості МПЗ на частоті 0.0001 Гц (рис. 2), що дозволяє визначити величину цих змін під час проходження магнітних бур, які мають різний час проходження та відбуваються у різні періоди доби.

Було проведено вибірку всіх днів, в яких проходили магнітні бурі за 2012-2014 роки, сформовано масив сумарних добових значень K_p та проведено їх кореляційний аналіз із визначеними середньо добовими значеннями інтенсивності ІНМПЗ на частоті 0.0001 Гц в ці дні. Було отримано коефіцієнт кореляції між цими даними $r = 0,69$, який буде використано для порівняння із електромагнітними характеристиками деяких біологічних об'єктів та води.

Ми враховуємо погляди дослідників про пряму дію параметрів МПЗ на біологічні системи [9, 10], але вважаємо, що більш вірогідною є поєднана дія різних низькочастотних геофізичних чинників на біосистему. Крім того, МПЗ може бути чинником, що включає «реле», які надалі включають більш потужні механізми дії, тобто виникає «тригерний ефект» [5]. Розглянемо наступні напрями можливої дії над низькочастотних характеристик МПЗ на біоб'єкти.

Організм існує при тісному зв'язку і узгодженості діяльності його органів і систем. Ця узгодженість обумовлена численними коливальними процесами, що протікають на різних рівнях ієрархії життєвих систем організму (наприклад, окислювально-відновні процеси в клітині чи коливальні взаємодії між різними органами) [8]. В живому організмі існують і механічні і електричні коливання різної частоти та інтенсивності. При цьому збудження одного типу коливань може викликати збудження інших (наприклад, механічні рухи м'язових структур обумовлені коливальними електричними процесами розповсюдження нервового імпульсу). Ми припускаємо, що і зовнішній резонансний вплив коливань одного типу (наприклад, механічних) здатний привести до різних змін коливань іншого типу електричних і навпаки. Фізичним аналогом є коливальний контур із котушки індуктивності і конденсатора з рухомими обкладками. Якщо періодичними переміщеннями обкладок змінювати ємність в такт власних коливань – виникає «параметричний резонанс».

Вважають, що реакції біоб'єктів при дії електромагнітних коливань принципово відрізняються від реакцій при дії механічних коливань тих же частот [11]. Але, якщо біоефективні частоти є резонансними з власними частотами організму, то зв'язаність систем і здатність організму переводити одні типи сигналів в інші, дає йому можливість сприймати коливальну інформацію всіх видів, оперативно реагуючи і підстроючись під зміни середовища. Власні резонансні частоти можуть визначати частоту максимальної відповіді організму при дії механічних і електромагнітних коливань. Аперіодична дія магнітного поля Землі може передаватися до різних осциляторних структур і бути причиною резонансного розгойдування коливань у відповідних осциляторах, якщо дія припадає на біологічно ефективні частоти. Зміна звичної частотної обстановки дії зовнішніх факторів, поява або зникнення характерних для біоб'єктів частот може викликати десинхронізацію та дисфункції діяльності молекул та тканин. Крім того тривалість процесів адаптації може визначатися тим, наскільки ґрунтовна частотна перебудова організму. При цьому реакція біоб'єктів на магнітні бурі відбувається не на стрибки геомагнітного поля, з яким асоціюється буря, а на появу або зникнення резонансних для організму частот безпосередньо до початку магнітної бурі або під час її розвитку [12]. Ми також вважаємо, що поєднання дії таких низькочастотних коливань, як над низькочастотні флуктуації атмосферного тиску та МПЗ, має визначальний вплив на біологічні і екологічні системи в цілому [5].

Існування біоефективних частот при дії зовнішніх факторів пояснюють вимушеним резонансом мікроstruktur (мембрани, молекули, іони крові, ДНК) для гігагерцового діапазону, а для діапазону низькочастотного (0.01-40 Гц) – параметричним резонансом клітин, органи, вени, артерії, капіляри, мозок [8]. Власна частота осцилятора визначається характерним часом поширення збудження (T) в цьому осциляторі, який залежить від лінійних розмірів L біооб'єкту і швидкості поширення (V): $\nu_0 = 1/T \sim V/L$. Частоти ж найбільшого відгуку при параметричному резонансі слід шукати навколо, $\nu_n = 2\nu_0/n = 2V/nL$ і резонансний ефект має бути найбільш яскравим при $n = 1; 2; 3$ [13].

За теорією параметричного резонансу, коливання магнітного поля з періодами 2-240 хвилин будуть резонансними для біологічних структур, що мають власні періоди від 1,3 мін до 480 хвилин. Такі періоди характерні для ритмів електричних потенціалів головного мозку людини (5, 10, 22, 45 хв) [14]; синтезу білку – 20,150 хв (як клітин ссавців *in vivo*, так і при висіванні культури клітин) [15]; викид гормонів надниркових залоз людини і тварин має як біля часовий період, так і періоди, що є гармоніками добового ритму, – 480, 360, 240 і 180 хвилин [16, 17]; ритм сну, визначуваний гіпоталамусом, який має періодичність біля двох годин, а також ритми 17 і 48 хвилин [11]. Таким чином, над низькочастотні коливання МПЗ з визначеними нами значеннями можуть бути резонансними для мозку і ендокринної системи.

Наднизькочастотні коливання магнітного поля Землі, як це ми показали вище, можуть мати індуктивність L зовніш. з величиною від нГн до сотень мкГн. З іншого боку подані вище біологічні структури та процеси мають низькочастотні зміни електричних процесів і це може бути представлено, як власні резонансні частоти коливального контуру, який зазвичай складається з індуктивності і ємності. Тому взаємодія між власним і зовнішнім змінними магнітними полями таких біологічних об'єктів та процесів дозволяє визначити електрорушійну силу такого процесу відповідно закону Фарадея: $\mathcal{E} = -\Delta\Phi/\Delta t = I_i \cdot R$; розрахувати силу Лоренца: $F = q(E + v \times B)$, та визначити індукційні струми за правилом Ленца.

Обговорення та висновки. Наднизькочастотні варіації МПЗ істотно впливають на біологічні

об'єкти. При магнітних бурях у людини відмічені підвищена частота виникнення нападів стенокардії, порушень частоти серцевих скорочень, інфарктів міокарду, інсультів, значних змін артеріального тиску [4, 5, 11]. При цьому відмічені також різкі зміни: здатності згущення крові, швидкості осідання еритроцитів, концентрації лейкоцитів і еритроцитів в крові; електропровідності води і поверхні біологічних об'єктів тощо [1, 2, 5].

Відомо, що «матриця біологічної системи–вода» (Сент-Дьорді) змінює свої властивості при обробці її слабким магнітним чи електромагнітним полем, але ці зміни чітко відбуваються тільки при певних резонансних впливах магнітного поля [1] та тільки при певній концентрації іонів Ca^{++} [13, 18]. Від ступеня омагнічування води та розчинів солей залежить і вміст в них O_2 і CO_2 [18].

Тому ми вважаємо, що водні розчини солей, адреналіну, ацетілхолину, окисних ферментів можуть змінювати свої властивості в залежності від стану МПЗ. Збурення МПЗ можуть впливати на організми безпосередньо через зміни активності окисних ферментів та медіаторів. Слід додати, що поєднані впливи сильного магнітного поля та слабого електромагнітного поля знімають ефекти впливу МП [2, 18]. Це дозволяє вважати можливим різні впливи МП та ЕМП на активність окисних ферментів.

Подана вище програма розрахунків спектру МПЗ дозволяє з'ясувати можливості регулювання напруги O_2 в тканинах та активності медіаторів і окисних ферментів шляхом чередування нетеплових електромагнітних та магнітних впливів. При цьому, відкриваються перспективи направленої регуляції кисневого режиму тканин, активності окисних ферментів, змін властивостей водних розчинів, солей, медіаторів тощо. Крім того, змінами вмісту O_2 в навколишньому середовищі можливо ослаблювати дію магнітних та електромагнітних полів та збурень МПЗ на процеси в біооб'єктах.

Таким чином, близькою метою подальших досліджень буде вивчення впливу наднизькочастотних характеристик МПЗ під час магнітних бур на розчини солей, медіаторів, швидкості осідання еритроцитів та функції м'язової та епітеліальної тканин при різних кисневих режимах.

Список літератури:

1. Пресман А. С. Электромагнитные поля в биосфере. – М., Знание, 1973. – 64 с.
2. Бинги В. Н. Принципы электромагнитной биофизики. – М., ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 592 с.
3. Темуриянц Н. А., Владимирский Б. М., Тишкин О. Г. Сверхнизко-частотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – К.: Наукова думка, 1992. – 188 с.
4. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль 1976. – 367 с.
5. Рагульская М. В., Горго Ю. П., Дидык Л. А. и др. Биотропное воздействие космической погоды. Колл. моногр. под ред. М. В. Рагульской. – М. – Киев, 2010. – 312 с.
6. Классен В. И. Омагничивание водных систем. – М., Химия.1982. – 207 с.
7. Frohlich H. // The biological effects of microwaves and related questions // Adv. in Electronics and Electron Physics 1980, V. 53, p. 85-152.
8. Хабарова О. В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002, № 5. – С. 56-66.
9. Белова Н. А., Ермаков А. М., Знобищев А. В., Сребнишкая Л. К. Влияние крайне слабых магнитных полей на регенерацию планарий и гравитационную реакцию растений // Биофизика, 2010, т. 55, вып. 4. – С. 704-709.
10. Горго Ю. П., Мірошник Т. Г., Дідик Л. О., Зайченко О. М. Особливості функціонування біологічних об'єктів за дії низькочастотних магнітних полів різного походження // Вісник КНУ. Проблеми регуляції фізіологічних функцій, т. 10, 2005. – С. 28-29.
11. Ашофф Ю. Биологические ритмы // М., Мир, 1984. – 257 с.
12. Khabarova Olga V. The influence of cosmic weather on the Earth // Intern. School of Space Science. Book of Proceedings of the 10th course on «Sun-Earth Connection and Space Weather» (L'Aquila 2000), Society Italiana di Fisica, 2001, pp. 56-62.
13. Леднев В. В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика, 1996, Т. 41, вып. 1. – С. 224-232.

14. Аладжанова Н. А. Психофизические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга // – М.: Наука, 1979. – С. 214.
15. Бродский В. Я., Нечаев Н. В. Ритмы синтеза белка // М., Наука, 1988. – 239 с.
16. Пугачев М. К. Динамика макро-, микро- и ультраструктуры коры надпочечников крысы в ходе околичасового биоритма // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биолог. журнал, 2001, № 1. (<http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-1-html/7.htm>)
17. Weitzman E. D., Fucushima D., Modeire Ch. et al. Twentyfour hour pattern of the episodic secretion of cortisol in normal subjects // J. Clin. Endocrinol. a. Metabol. 1971, V. 33. № 1. – P. 14-22.
18. Бинги В. Н. Магнитобиология. Эксперименты и модели. – М., Мир, Изд. 2, 2002. – 591 с.
19. Кисловский Л. Д. О возможном молекулярном механизме влияния солнечной активности на процессы в биосфере // Влияние солнечной актив-ности на атмосферу и биосферу Земли. – М., Наука, 1971. – С. 147-164.

Горго Ю.П., Разумовский А.К.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Аннотация

Разработана программа расчетов спектра геомагнитного поля. Показано, что наибольшие значения напряженности геомагнитного поля при магнитных бурях возникают на частотах ниже 1 Гц. Рассмотрены некоторые направления влияний сверхнизкочастотных флуктуаций геомагнитного поля на биообъекты. Поданы пути их расчетов. Рассмотрены биообъекты, которые могут обладать чувствительностью к воздействиям слабых магнитных полей.

Ключевые слова: геомагнитное поле, сверхнизкочастотные флуктуации, чувствительность биообъектов.

Horho Yu.P., Razumovskiy A.K.

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

TO THE QUESTION OF DETERMINATION OF INFLUENCE OF LOW FREQUENCY PARAMETERS OF THE EARTH MAGNETIC FIELD ON BIOLOGICAL OBJECTS

Summary

The program of computations of spectrum of the geomagnetic field is developed. It is shown that the most values of tension of the geomagnetic field at magnetic storms arise up on frequencies below 1 Hz. Some directions of influence of low frequency fluctuations of the geomagnetic field on bio-objects are considered. The ways of their computations are given. Bio-objects, which can possess sensitiveness to influences of the weak magnetic fields, are considered.

Keywords: geomagnetic field, low frequency fluctuations, sensitiveness of bio-objects.

УДК 616.993:595.42

ИКСОДОВЫЕ КЛЕЩИ – ПЕРЕНОСЧИКИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ МНОГИХ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Захарчук А.И., Кривчанская М.И., Громик О.А.

Буковинский государственный медицинский университет

Подавляющее большинство заболеваний, возбудители которых передаются иксодовыми клещами, относится к группе природно-очаговых трансмиссивных болезней. Представители иксодовых клещей распространены, как в Украине, так и за рубежом. Иксодовые клещи имеют большое медицинское и ветеринарное значение. Они переносят много возбудителей болезней человека и животных. Весенне-летний период – это сезон активности клещей на всей территории Украины, ежегодно регистрируются единичные случаи или вспышки заболеваний людей.

Ключевые слова: иксодовые клещи, иксодовый клещевой боррелиоз, клещевой вирусный энцефалит, Марсельская лихорадка, индивидуальная и общественная профилактика.

Постановка проблемы. Иксодовые клещи – облигатные гематофаги, временные внешние паразиты, которые ожидают животных-хозяев в открытой природе.

Анализ последних исследований и публикаций. Они залезают на невысокие растения, где си-

дят, вытянув вперед передние ноги, на которых имеются органы чувств. Круг животных-хозяев очень широк. Имаго питается на животных большого размера – копытных, личинки и нимфы – на грызунах, насекомоядных, мелких хищниках, птицах, ящерицах. Взрослые клещи могут сосать и