

UN NOU MECANISM DE INTERACȚIUNE A UNDELOR MILIMETRICE CU MEDIILE BIOLOGICE

dr. hab. prof. univ. Anatol ROTARU

A NEW INTERACTION MECHANISM BETWEEN MILLIMETER WAVES AND BIOLOGICAL OBJECTS

In this paper is proposed a new biophysical interaction mechanism between extremely high frequency electromagnetic waves with medical biological media. The hypothesis is based on the idea of the famous contemporary physicist, Nobel laureate, H. Fröhlich, about the generation of condensed bose phonons by biological objects.

În ultimii 10-20 de ani electromagneto-biologia cu unde milimetrice este considerată drept una dintre principalele tehnologii de noutate, aceasta utilizându-se acum pe scară largă în medicină, biotehnologie farmaceutică și agricultura modernă. Un rol aparte îi revine utilizării radiației electromagnetice de frecvență extrem de înaltă și intensitate mică în medicina clinică pentru diagnosticarea, profilaxia și tratarea diverselor maladii.

Undele de frecvență extrem de înaltă, sau undele milimetrice, sunt situate în domeniul de frecvență 30-300 GHz corespunzător intervalului de lungime de undă 1-10 mm. Problema interacțiunii undelor electromagnetice milimetrice cu mediile biologice are un caracter fundamental. Aceasta se datorează faptului că undele milimetrice cosmice sunt absorbite de către atmosfera Pământului. La prima vedere, s-ar fi putut crede că materia vie a evoluat fără „participarea” undelor electromagnetice milimetrice. Însă, organismele vii utilizează tot ceea ce este util din factorii externi, iar undele milimetrice pot transmite și contribui la prelucrarea unui volum extrem de mare de informații, lucru necaracteristic pentru alte lungimi de undă (frecvențe).

Acest fapt a generat ipoteze potrivit cărora însăși organismele vii generează unde de frecvență extrem de înaltă. Unul dintre primii cercetători care a propus un posibil mecanism de generare a undelor milimetrice de către organismele vii a fost ilustrul fizician și Laureat al Premiului Nobel, H. Fröhlich

(1968) [1-3]. Generarea undelor electromagnetice de frecvență extrem de înaltă este condiționată de energia metabolismului. Aceste unde sunt coerente și, deci, se caracterizează prin frecvență, fază, polarizare și vector de undă bine determinat. În oscilații coerente pot să se transforme și oscilațiile haotice termice. Potrivit lui H. Fröhlich, sistemele biologice vii generează oscilații polarizaționale în domeniul de frecvență caracteristic undelor milimetrice. Energia proceselor vitale în celulele vii se transmite oscilațiilor de dipol local excitate. Datorită fenomenelor neliniare, la interacțiunea oscilațiilor dipol și legăturii acestora cu undele elastice se produce tranziția sistemului într-o stare metastabilă cu un singur tip de oscilații, trecând în starea fundamentală. Are loc formarea unui dipol colectiv gigant, care reprezintă o stare coerentă a obiectului biologic. Această stare cooperativă condiționează crearea în sistemele biologice a fononilor bose-condensați în regiunea frecvențelor de ordinul 10^{11} Hz, departe de zona de echilibru termodinamic.

Ideea formării fononilor bose-condensați în sistemele biologice este de o importanță majoră pentru înțelegerea proceselor condiționate de interacțiunea undelor electromagnetice milimetrice cu organismele vii. Ea a condus la clarificarea mecanismelor de dirijare funcțională a principalelor sisteme (nervos, umoral) care asigură homeostazia organismelor vii, inclusiv a celui omenesc, precum și la explicarea diverselor fenomene neliniare și cooperative, care au loc la interacțiunea undelor electromagnetice milimetrice cu obiectele biologice. Din punct de vedere metodologic, ideea lui Fröhlich este într-o apropiată concordanță cu modelul de propagare a solitonilor în sistemele biologice dezvoltate de A. Davydov (1973-1982) [4-5] și cu fenomenele cooperative dezvoltate de Moscalenco (1979-1980) [6-7].

Cercetările experimentale în acest domeniu încep abia la sfârșitul anilor 1960, respectiv începutul anilor 1970, adică în momentul când au început să fie produse generatoare de unde milimetrice care până atunci erau greu de realizat din punct de vedere tehnic. Investigațiile experimentale au demonstrat un număr de particularități principial noi în procesul de interacțiune a câmpului electromagnetic milimetric cu mediile biologice. S-a constatat că efectele biologice ale radiației coerente de unde milimetrice se observă la densități ale fluxului de putere mult mai mici decât 10 mW/cm^2 (N. Deveatkov, M. Golant 1991) [8]. La astfel de intensități mici creșterea integrală a temperaturii obiectului

biologic ținută nu depășește $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ datorită faptului că energia cuantei de radiație milimetrică este mai mică decât energia atermică $h\nu < kT$, unde h , ν , k și T sunt, respectiv, constanta lui Plank, frecvența radiației, constanta lui Boltzman, temperatura absolută. În acest caz au loc așa-numitele efecte biologice atermice sau informaționale caracterul și intensitatea cărora nu depind de variația intensității câmpului electromagnetic milimetric la depășirea unui prag minim, ci sunt determinate preponderent de frecvența, lungimea de undă și polarizarea radiației incidente.

Primele generatoare de unde milimetrice au fost elaborate de Institutul de Radioelectronică a Academiei de Științe a fostei URSS sub conducerea academicianului N. Deveatkov și prof. M Golant, inițial acestea fiind utilizate preponderent în scopuri militare: radiolocație, relele de comunicație etc. (1991) [8-9]. Acțiunile informaționale au un rol fundamental pentru însăși existența vieții. S-a constatat că obiectele vii nu numai că generează unde electromagnetice milimetrice, dar că acestea asigură transmiterea informației de la o celulă la alta contribuind astfel la comunicarea intercelulară din plante, microorganisme și mamifere.

Vom atrage atenția, că la elaborarea diferitelor mecanisme în baza proceselor ce se desfășoară în obiectele biologice vii în privința undelor milimetrice este necesară separarea câmpurilor electromagnetice: unul este câmpul electromagnetic milimetric extern generat de generatoarele respective și altul este câmpul intern, pe care în continuare îl vom numi câmpul Fröhlich, generat de însăși mediile vii biologice.

Un deosebit interes reprezintă studierea interacțiunii radiației milimetrice externe cu diferite structuri ierarhice, precum biomacromoleculele, celulele, țesuturile și, în sfârșit, întreg organismul viu. În urma acestei acțiuni, în mediile vii au loc diverse efecte biologice, fiziologice, genetice, biochimice și biofizice. Câmpul electromagnetic milimetric provoacă efecte biologice la toate nivelele de organizare a materiei vii.

Un interes incontestabil reprezintă cercetările experimentale privind acțiunea undelor milimetrice asupra microorganismelor și animalelor de laborator. Ca rezultat al numeroaselor investigații s-au constatat următoarele:

- caracterul de rezonanță al dependenței efectului biologic de frecvența câmpului electromagnetic extern (Fig.1);

- dependența efectului biologic de timpul de iradiere până la un prag temporar, după depășirea

căruia câmpul electromagnetic nu conduce la mărirea efectului;

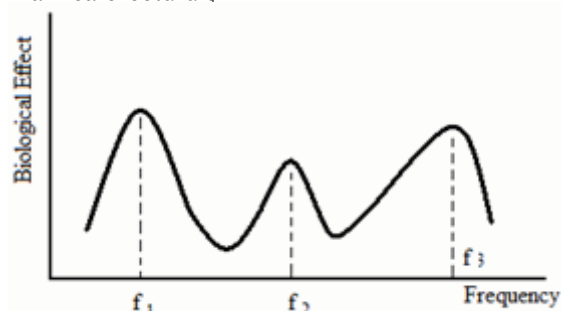


Figura 1

- caracterul de prag al dependenței efectului biologic de densitatea fluxului de putere al câmpului electromagnetic milimetric. Efectul biologic apare la o anumită valoare a acesteia, ajungând până la valoarea de saturație, după care mărirea intensității radiației nu conduce la creșterea acestuia (Fig.2);

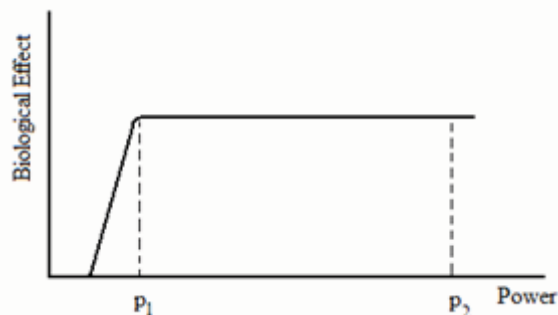


Figura 2

- dependența efectului biologic de starea inițială a obiectului.

Vom menționa că interacțiunea undelor electromagnetice milimetrice ca, de altfel, a tuturor tipurilor de radiații cu organismele vii, este o problemă extrem de complicată, condiționată în primul rând de complexitatea obiectelor biologice vii și a proceselor care au loc în mediile biologice.

Câmpurile electromagnetice și acustice interne, generate de însăși mediile biologice, precum și câmpurile electromagnetice externe, au o importanță fundamentală pentru explicarea efectelor electromagneto-biologice ale obiectelor biologice vii. Confundarea acestora conduce la interpretări greșite în determinarea mecanismelor de interacțiune a câmpurilor electromagnetice externe cu mediile biologice studiate.

După un număr impresionant de cercetări științifice fundamentale, teoretice, experimentale și aplicative care s-au desfășurat și se desfășoară cu succes în Federația Rusă, Ucraina, SUA, Germania, Japonia, Franța, Italia, China, România etc., privind

acțiunea câmpului electromagnetic milimetric asupra microorganismelor și animalelor de laborator, aproximativ 30 de ani în urmă a demarat procesul de utilizare masivă a undelor milimetrice în medicina clinică. Actualmente, terapia cu unde milimetrice se utilizează pe larg în cele mai vestite clinici și centre științifice medicale, la tratarea a peste 120 de maladii.

Deși până în prezent NU au fost identificate mecanismele fizice, biofizice, biologice și biochimice ale interacțiunii undelor milimetrice de mică intensitate cu organismul omenesc, cu ajutorul terapiei milimetrice au fost tratați milioane de pacienți. Undele milimetrice se utilizează practic în tot spectrul de patologii: cardiologie, neurologie, oncologie, ginecologie, urologie, gastroenterologie, chirurgie, farmacologie, pediatrie etc.

În terapia milimetrică se utilizează generatoare cu radiație coerentă și stocastică de intensități mici și foarte mici care nu conduc la încălzirea țesuturilor organismului omenesc, ceea ce le deosebește de celelalte aparate fizioterapeutice. Cercetările experimentale au demonstrat lipsa totală de efecte nocive la interacțiunea acestor câmpuri electromagnetice cu obiectele biologice. În urma investigațiilor clinice s-a constatat:

- caracterul cumulativ al efectului curativ;
- dependența efectului curativ de suprafața, localizarea și timpul de iradiere utilizat;
- propagarea radiației electromagnetice la distanțe substanțiale față de locul aplicării;
- propagarea undelor milimetrice are loc numai în organisme vii, iar receptivitatea acestora la câmpurile electromagnetice externe are loc numai în cazul îmbolnăvirii organismului uman;
- stimularea de către radiația milimetrică a rezistenței nespecifice a organismului;
- mobilizarea rezervelor compensatorii ale organismului;
- dependența efectului terapeutic de frecvența câmpului electromagnetic milimetric extern;
- desfășurarea proceselor terapeutice fără efecte toxice, alergice, reacții adverse etc.;
- complementaritatea cu alte tipuri de tratamente: medicamentoase, fizioterapeutice etc.;
- posibilitatea utilizării undelor milimetrice în regim de monoterapie;
- dependența efectului terapeutic de locul aplicării radiației (punctele biologice active, zonele Zaharin-Ghed);
- terapia milimetrică posedă acțiuni anti-stres, conduce la mărirea imunității organismului, micșorarea intensității sindromului alergic ș.a.;

- mărirea efectului terapeutic în condițiile administrării metodei combinate a terapiei milimetrice, fizio- și chimio terapiei.

După cum s-a menționat, până în prezent nu există o teorie unică, necontrovertată a acțiunii undelor electromagnetice milimetrice. Totuși, au fost propuse câteva concepții care încearcă să explice mecanismele de acțiune ale acestei radiații asupra obiectelor biologice vii.

Potrivit ipotezei academicianului Deveatkov și colaboratorilor săi, toate obiectele vii generează unde electromagnetice milimetrice care dirijează procesele interne ale organismelor (Deveatkov, 1991) [10]. Fröhlich a presupus posibilitatea apariției fononilor bose-condensați și a stării coerente a câmpului electromagnetic de unde milimetrice în obiectele biologice vii. Deveatkov și colaboratorii săi au presupus că undele electromagnetice milimetrice externe, pătrunzând în obiectele vii, în anumite condiții se transformă în semnale informaționale, asigurând dirijarea și reglarea proceselor de restabilire care contribuie la corecția metabolismului celulei (Deveatkov 1991; Deveatkov, Betschi 1995) [11].

Un alt mecanism al acțiunii undelor electromagnetice cu mediile biologice se bazează pe concepția rezonanței stochastice, în care un rol aparte revine modulării semnalului radiației milimetrice cu semnale de mică frecvență caracteristice ritmului fiziologic al organismului. Aceasta conduce la schimbarea proceselor reglatoare ale calciului în celulă (Echivald, Kaizer, 1988) [12]. Academicianul Sitco și școala sa presupune existența carcasi electromagnetice proprii a organismului. Acțiunea câmpului electromagnetic milimetric asupra punctelor biologice active (BAPs) conduce la corecția carcasi electromagnetice a organismului, influențând procesele biochimice și normalizarea metabolismului (Sitco, 1998) [13].

Un rol aparte în procesul de interacțiune a undelor electromagnetice milimetrice cu obiectivele biologice vii îi aparține apei și soluțiilor apoase. În urma multiplelor investigații experimentale s-a constatat că undele milimetrice sunt masiv absorbite de apă. Aceasta se datorează faptului că frecvențele de rotație a moleculelor de apă sunt situate în domeniul de frecvență a undelor milimetrice și submilimetrice al spectrului electromagnetic. În urma interacțiunii undelor electromagnetice milimetrice cu moleculele de apă, datorită fenomenului de rezonanță are loc absorbția puternică a radiației milimetrice. S-a constatat că moleculele libere de apă absorb radiația milimetrică mai intens decât cele legate. Datorită

acestui fapt s-a presupus (Khurghin, Sinitsin ș.a. 2006 [14]) că moleculele de apă stau la baza interacțiunii undelor milimetrice cu proteinele receptorilor din membranele celulare. Vom menționa că există și alte mecanisme care încearcă să explice fenomenele ce se petrec la interacțiunea undelor electromagnetice milimetrice.

Ipoteza noastră privind mecanismul de interacțiune a undelor electromagnetice milimetrice cu obiectele biologice se bazează pe ideea lui Fröhlich potrivit căreia în obiectele vii, datorită metabolismului, se formează fononi bose-condensați. Acești fononi se caracterizează printr-o amplitudine macroscopică, au aceeași valoare a vectorului de undă, aceeași fază și polarizare. Existența fononilor bose-condensați conduce la apariția unei coerențe milimetrice sau, altfel spus, a fotonilor milimetrici bose-condensați care se caracterizează prin aceiași parametri ca și fononii.

Datorită interacțiunii dintre cvazi-particulele bose-condensate are loc transformarea periodică a fononilor în fotoni și viceversa. În cazul în care această interacțiune este tare, atât fotonii cât și fononii nu mai pot fi considerați independenți.

Aceste două excitări sunt cuplate constituind un **amestec de fononi și fotoni numiți polaritoni** [15]. În cazul când fononii și fotonii milimetrici sunt în starea de bose-condensat atunci și polaritonii formați sunt în aceeași stare.

Curba de dispersie a polaritonilor conține două ramuri (Fig. 3). După cum se poate observa, o ramură polaritonică este situată mai sus, iar alta mai jos față de ramurile de fotoni și fononi formatoare de polaritoni.

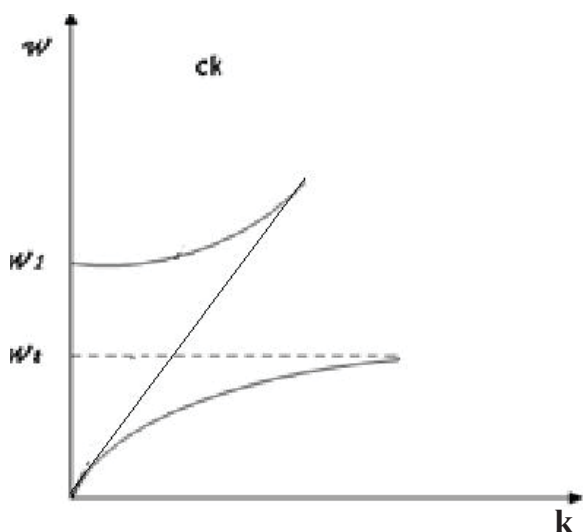


Figura 3

În cazul în care obiectul biologic viu se află în stare normală, nepatologică, acesta din urmă generează polaritoni bose-condensați cu amplitudine macroscopică, cu aceleași valori ale vectorului de undă, fază, polarizare, frecvență, amplitudine a benzii de iradiere și absorbție cu o anumită lărgime, centrate în jurul frecvenței de emisie. Ea reprezintă un peak ascuțit Fig. 4.

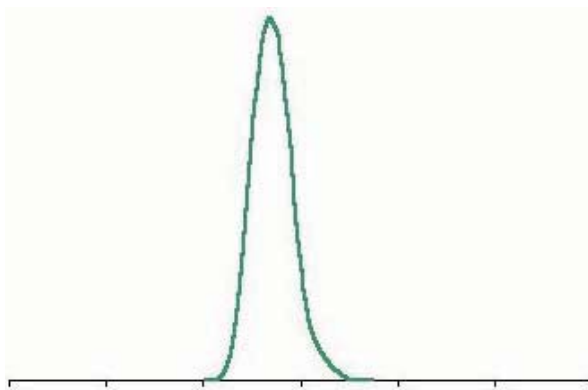


Figura 4

După cum se știe, celulele vii ale obiectelor biologice sunt separate de mediul înconjurător de o membrană celulară. Există diferite tipuri de membrane care se deosebesc după funcțiile pe care le execută membrana. Aceste funcții sunt determinate de structura membranei. Printre altele, membranele conțin sisteme biochimice responsabile de transportul selectiv de substanțe în interiorul și exteriorul celulei, cuplarea hormonilor și altor molecule regulatorii, decurgerea reacțiilor fermentative, transportul impulsurilor sistemului nervos ș.a.m.d. Ele sunt constituite din molecule de lipide, proteine și carbohidrați.

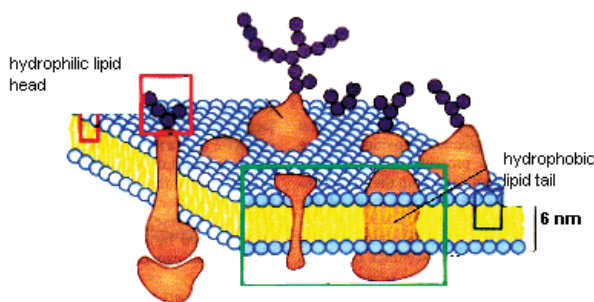


Figura 5

În Fig. 5 este prezentată schematic membrana ca lipid bistratificat. Lipidele membranelor constau din două părți distincte: „coada” hidrofobă nepolară și „capul” hidofil polar. Lipidele membranei formează un dublu strat. Fiecare strat este constituit din lipide complexe, iar structura dublului strat constă din partea internă nepolară și partea externă polară.

Conform ipotezei noastre, un obiect biologic

viu în stare normală are toți dipolii orientați într-o singură direcție, iar polaritonii interni bose – condensati au aceeași orientare a vectorului de undă (Fig. 6).

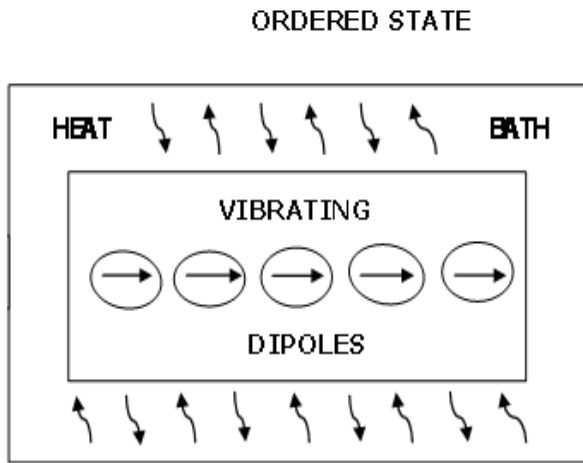


Figura 6

În acest caz acțiunea câmpului electromagnetic milimetric extern nu generează efecte biologice, deoarece, la figurat vorbind, radiația externă nu mai are ce orienta, toți dipolii și vectorii de undă a polaritonilor fiind deja orientați, aceștia din urmă aflându-se în stare de bose-condensat. Din aceste considerente undele milimetrice nu produc efecte biologice în organismele vii sănătoase.

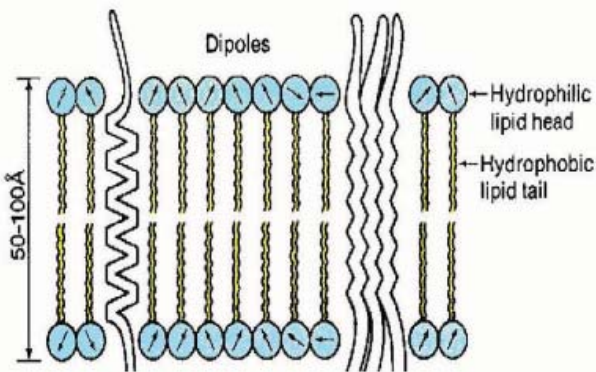


Figura 7

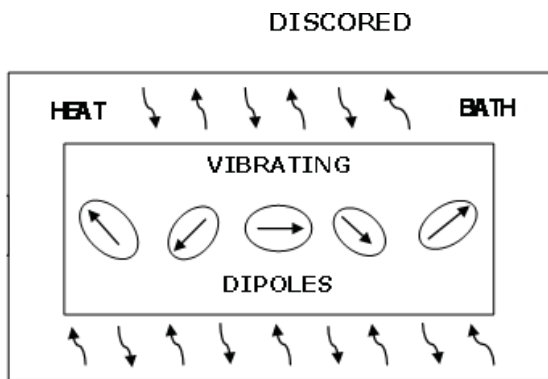


Figura 8

În cazul îmbolnăvirii sau îmbătrânirii organismului, unii dipoli se dezorientază, schimbându-și direcția, alții rămânând orientați (Fig.7, 8). În același timp, unii polaritoni părăsesc starea de bose-condensat trecând într-o stare de supracondensat unde vectorii de undă sunt orientați aleator. În cazul dereglărilor patologice de diferite etiologii și ca rezultat al perturbării stării coerente a polaritonilor forma benzilor de iradiere a câmpului electromagnetic milimetric se deformează esențial, în directă dependență cu intensitatea patologiei, apărând mai multe maxime de iradiere la diferite frecvențe Fig. 9.

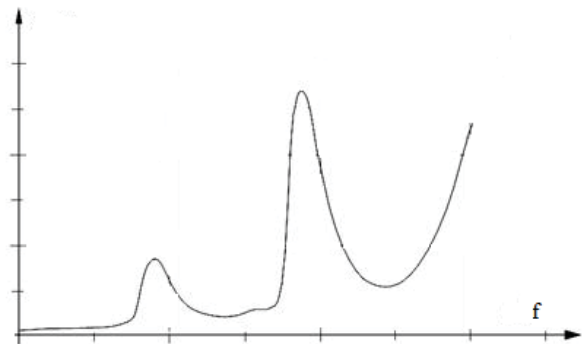


Figura 9

Dacă dereglările nu depășesc un anumit prag critic și sunt ne semnificative, atunci însuși câmpul coerent bose- condensant intern poate readuce sistemul la stare de normalitate. În cazul în care câmpul intern nu poate restabili coerența și starea normală a obiectului biologic, este nevoie de utilizarea câmpului exterior de radiație milimetrică. Dacă câmpul exterior este coerent, în urma interacțiunii rezonante a acestuia cu câmpul polaritonic intern are loc sincronizarea oscilațiilor, restabilirea stării bose- condensate a sistemului, benzilor de absorbție și emisie a radiațiilor, frecvenței, amplitudinii, vectorilor de undă, revenirea la normalitate și vindecarea organismului. Vom menționa, că bose-condensarea polaritonilor în acest caz este una indusă de câmpul electromagnetic coerent extern, ceea ce se deosebește de bose-condensarea spontană a lui Fröhlich. Bose-condensarea indusă a polaritonilor conduce la diminuarea proceselor de dispersie a polaritonilor bose-condensați. Un efect similar are loc și în cazul fenomenului de bose-condensare indusă a excitonilor în mediile condensate [16].

Vom menționa, că după cum s-a demonstrat în lucrările [17,18] fotonii și fononii bose-condensați se descriu ca un sistem de ecuații diferențiale neliniare în derivate parțiale de tip Ghinzburg-Landau-Keldysh. S-a demonstrat, de asemenea, că

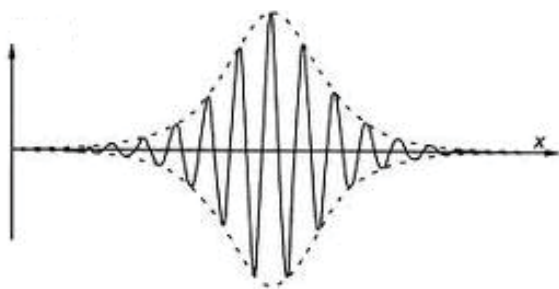


Figura 10

printre multiplele soluții ale ecuațiilor există soluții neliniare periodice descrise de funcții eliptice, soluții de tip soliton („solitary waves”) care pe parcursul propagării își păstrează neschimbată forma și soluțiile cvasi-periodice și haotice generate de așa-numiții toruri și atractori stranii (Fig.10,11). Propagarea unei polaritonice de tip soliton explică acțiunea câmpului electromagnetic la distanțe îndepărtate comparativ cu poziția aplicării sau generării câmpului electromagnetic. În cazurile staționare s-a demonstrat fenomenul de histereză în dependența numărului de fononi bose-condensați de intensitatea câmpurilor electromagnetice milimetrice, atât interne cât și externe. Aceste fenomene permit explicarea efectelor biologice ce țin de existența platourilor în dependența acestora de intensitatea câmpurilor electromagnetice milimetrice, precum și de timpul de expunere a obiectului biologic la radiația electromagnetică milimetrică.

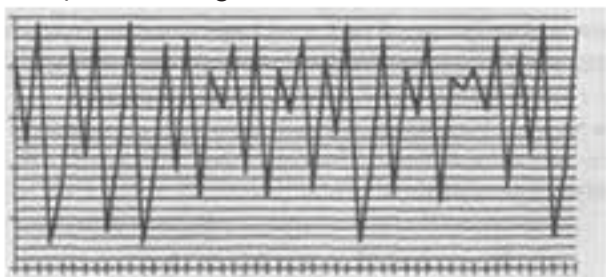


Figura 11

În încheiere vom menționa că terapia milimetrică de intensitate extrem de mică se cristalizează ca o metodă tehnologică principial nouă, universală și eficientă în tratamentul bolilor cu diverse etiologii. Undele milimetrice s-au cristalizat eminent într-o nouă ramură a biofizicii moderne și se utilizează pe larg în medicină, biotehnologie, agricultură și alte domenii. Totodată, până în prezent nu a fost elaborată o teorie generală a undelor electromagnetice de frecvență extrem de înaltă și intensitate extrem de joasă privitor la interacțiunea acestora cu mediile biologice la diferite nivele de organizare: submolecular, molecular, celular, de organ sau la nivelul organismului ca întreg.

Prezenta lucrare a avut drept scop de a contribui la dezvoltarea teoriei interacțiunii undelor milimetrice cu obiectele medico-biologice vii și de a propune un nou mecanism biofizic de alternativă pentru explicarea efectelor biologice inerente acțiunii biologice a câmpului electromagnetic milimetric.

Referințe

1. H.Frohlich, Phys. Lett, A 26, 402, 1968.
2. H.Frohlich, J. Quantum Chem., 2, 64, 1968.
3. H.Frohlich, Nature (London) 228, 1093, 1970.
4. A.S. Davydov, N.I. Kislukha, Phys. Status Solidy, B 75, 735, 1976.
5. A.S. Davydov, Biology and Quantum Mechanics, Oxford, 1982.
6. S.A. Moskalenko, Phys. Lett, A, 76, 2, 1980
7. S.A. Moskalenko, E.P. Pokatilov, I.J. of Quantum Chemistry, 16, 4, 1979.
8. Н.Д. Девятков, М.Б. Голант, О.В. Бецкий, Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности, Москва, 1991.
9. Н.Д. Девятков, М.Б. Голант, Эффекты нетеплого воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты, Москва, ИРЭ, 1991.
10. Н.Д. Девятков, Миллиметровые волны в медицине и биологии, Москва, 1991.
11. Н.Д. Девятков, О.В. Бецкий, Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине, Москва, ИРЭ, 1985.
12. F. Kaiser, Theory of Non-Linear Excitation in Biologic Effects and Response to External Stimul, Springer, 1988.
13. S. Sitco, Phys. of the Alive, 6, 1, 1998.
14. Н.И. Синицин и др., Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, N 1-2, 2006.
15. S.A. Moskalenko, D.W. Snoko, Bose-Einstein Condensation of Excitons and Biexcitons and Coherent Nonlinear Optics with Excitons, Cambridge, United Kindom, 2000.
16. С.А. Москаленко, Введение в теорию экситонов большой плотности, Штиинца, Кишинев, 1983.
17. А.Х. Ротару, О.В. Бецкий, Д.В. Гицу, Современные проблемы физиологии и санокреатологии, Chișinău, 2005, с. 175 – 192.
18. А.Х. Ротару, Д.В. Гицу, Н.В. Чобану, М.И. Базнат, Биомедицинская радиоэлектроника, Москва, N 8-9, 2007.