

# **Elektromagnetische Felder als Steuerungselement in biologischen Objekten und ihre Rolle im Heilungsmechanismus der Bioresonanztherapie**

M.Yu. Gotovskij, Yu.F. Perov  
*Zentrum für intelligente medizinische Systeme "IMEDIS" (Moskau)*

## **Electromagnetic fields as element of control system in biological objects and their role in mechanism of therapeutic action of bioresonance therapy**

M.Yu.Gotovskiy, Yu.F. Perov  
*Center of intellectual medical systems "IMEDIS" (Moscow, Russia)*

### **Abstract**

Im Artikel werden Rolle und Beitrag endogener elektromagnetischer Felder des Organismus in den Heilungsmechanismen der endogenen und exogenen Bioresonanztherapie betrachtet. Die elektrischen und magnetischen Komponenten der inneren Felder, die in den schnellen und langsamen Steuerungssystemen biologischer Objekte gemeinsam mit dem Nervensystem eine Rolle spielen, werden analysiert. Es werden die grundlegenden Argumente diskutiert, die zu Gunsten einer Mitwirkung stochastischer Resonanzprozesse zur endogenen und exogenen Bioresonanztherapie sprechen.

Schlüsselworte: innere elektromagnetische Felder, Bioresonanztherapie, stochastische Resonanz, endogene und exogene Bioresonanztherapie, Heilungsmechanismen

### **Einführung**

Die Bioresonanztherapie (BRT) gehört zu einer der sich am schnellsten entwickelnden Richtungen der modernen Medizin und stellt eine anerkannte Behandlungsmethode unter Nutzung körpereigener elektrischer Ströme, elektromagnetischer Felder und menschlicher Strahlungsfelder dar. Man unterscheidet derzeit endogene und exogene BRT, die - obwohl nach Anwendungsmethodik und Apparaturausstattung unterschiedlich - auf einem gemeinsamen Heilungsmechanismus beruhen [1]. In der endogenen BRT basiert die Behandlung auf körpereigenen, veränderlichen elektrischen Strömen, die nach apparativer Erfassung verstärkt, bearbeitet und in den Organismus des Patienten rückgeführt werden. Bei der exogenen BRT erfolgt die Behandlung mit Hilfe äußerer elektrischer, magnetischer oder elektromagnetischer Felder mit bestimmten, klinisch getesteten und bewährten Frequenzen. Die Einwirkung äußerer elektromagnetischer Felder wird mittels Geräten der Magnet(feld)therapie realisiert.

Prinzipiell läßt sich der Heilungsprozeß als Steuerungsprozeß bei Vorliegen von Abweichungen in der Funktion des einen oder anderen Systems des Organismus betrachten [2]. Das Ergebnis besteht im Erreichen derjenigen physiologischen Norm,

die dem jeweiligen Individuum eigen ist, was letzten Endes zur Aufrechterhaltung (Stabilisierung) der grundlegenden Parameter der Lebenstätigkeit des Organismus innerhalb bestimmter Grenzen - zur Homöostase - führt. Somit ist die Grundlage der therapeutischen Wirkung der BRT die mittels Kontakt oder über eine bestimmte Entfernung (distant) vorgenommene Einflußnahme auf das Regelungssystem im menschlichen Organismus, das eng mit den körpereigenen elektromagnetischen Feldern biologischer Objekte verknüpft ist.

Ausgehend von diesen Darlegungen ist es das Ziel dieses Beitrages den Platz und die Rolle des inneren Systems der Regelung mittels elektromagnetischer Felder und die Rolle letzterer in den Mechanismen der therapeutischen Wirkung der BRT zu analysieren.

### **Innere elektromagnetische Felder**

Alle Prozesse der Lebenstätigkeit im menschlichen Organismus werden von der Erzeugung elektromagnetischer Felder begleitet, deren bioelektrische Natur mit den Prozessen der Erzeugung und Weiterleitung von Erregungen verbunden ist [3]. Im Prinzip stellen beliebige menschliche und tierische Organe bioelektrochemische Quellen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder dar, die praktisch alle grundlegenden Lebensfunktionen begleiten. Im Ergebnis formiert sich auf der Körperoberfläche eine komplizierte Struktur aus elektrischen Potentialen und elektrischen und magnetischen Feldern im Umfeld, die das Funktionieren der entsprechenden Organe und Organsysteme widerspiegelt.

Die modernen Vorstellungen über die Natur elektromagnetischer Felder lebender Organismen können kurzgefasst folgendermaßen formuliert werden [4]:

- elektrisches Feld infolge elektrochemischer Reaktionen im Organismus;
- elektrisches Feld eines Organismus beruhend auf der elektretähnlichen Polarisation lebenden Gewebes;
- Magnetfeld des lebenden Organismus;
- verschiedene elektrische Felder, die erzeugt werden durch innere elektrische Felder, triboelektrische Ladungen und Schwingungen
- induzierter Ladungen, welche im Ergebnis der Einwirkung atmosphärischer Elektrizität entstehen;
- elektromagnetische Strahlung, insbesondere im infraroten und Ultra- Höchstfrequenzbereich, radioaktive Strahlung;
- sekundäre elektromagnetische Strahlung im Ergebnis der Einwirkung äußerer elektromagnetischer Strahlung und beruhend auf mechanischen Schwingungen im Organismus auf allen seinen Ebenen;
- Elektromagnetisches Plasmafeld, dessen charakteristische Besonderheit durch ein System nichtlokalisierter Elementarteilchen (Protonen und Neutronen) mit spezifischer räumlicher Orientierung im lebenden Organismus gegeben ist.

Die die Grundfunktionen des menschlichen Organismus begleitenden elektromagnetischen Felder sind neben vielen anderen Ausprägungen die zuverlässigsten informativen Indikatoren über deren physiologischen und pathologischen Zustand sowie ihre zeitliche Dynamik. Die Erfassung und Aufzeichnung der zeitlichen Abhängigkeit der elektrischen Komponenten dieser Felder wird im breiten Maßstab zu diagnostischen Zwecken in Form von Elektrokardiogrammen, Elektroencephalogrammen, Elektromyogrammen usw. genutzt. Ihre wichtigsten Parameter sind in Tabelle 1 zusammengeführt [5]. Die Analyse der bioelektrischen Signale zeigt, daß diese Signale vorwiegend Zufallscharakter aufweisen, wobei ihr Frequenzbereich im Intervall von einigen Hz bis zu dutzenden kHz liegt.

Tabelle 1

Grundparameter innerer bioelektrischer Signale von menschlichen Organen und Systemen des menschlichen Organismus. Nach [5], mit Änderungen

Informative Signalbedeutung	Prozeßcharakteristika	
	Bereich der informativen Frequenzen	Amplitude
Elektrokardiographie	0,15 – 300 Hz	0,03 – 3,0 mV
Elektrookulographie	0,1 – 5 Hz	20 - 200 mV
Elektroretinographie a-Schwingungen b-Schwingungen	Dauer der Wellen $\approx 200 \mu\text{sec}$	45-65 200-400
Elektronystagmographie	3 – 7 Hz	10 – 100 mV
Elektroencephalographie $\Delta$ - Rhythmus $\theta$ - Rhythmus $\alpha$ - Rhythmus $\beta$ - Rhythmus $\gamma$ - Rhythmus $\mu$ - Rhythmus $\lambda$ - Rhythmus	0,3 – 3,5 Hz 3,5 – 8,0 Hz 8,0 – 13 Hz 13 – 35 Hz 35 – 80 Hz 7 – 11 Hz Mittlere Periodendauer 250 msec	10 – 30 $\mu\text{V}$ >20 $\mu\text{V}$ 20 – 100 $\mu\text{V}$ 5 – 30 $\mu\text{V}$ 2 – 10 $\mu\text{V}$ 20 – 40 $\mu\text{V}$ 20 – 40 $\mu\text{V}$
Elektrokortikographie	0,3 – 80 Гц	20 $\mu\text{V}$ – 1 mV
Elektroneurographie	maximale Frequenz 10kHz	6 – 20 mV
Elektromyographie	1 Hz – 10 kHz	0,02 – 3 mV
Elektromyelographie	0,5 – 20 Hz	10 – 60 mV
Elektrogastrographie	0,05 – 0,2 Hz	0,2 – 1 mV

Die Quelle dieser Felder sind erregbare Gewebe (Muskelgewebe und Nerven) sowie Organe, die vorwiegend durch derartige Gewebeformen gebildet werden wie Herz, Gehirn und Rückenmark, Magen-Darm Trakt und Sinnesorgane [3]. Verschiedene Zellfunktionen hängen mit dem Transport von Ionen durch Membranen zusammen, der einen interzellularen Stromfluß erzeugt, in dessen Ergebnis sich elektrische und magnetische Felder in der Umgebung der Zelle ausbilden. Eine der ersten Messungen von elektrischen Feldern nichterregbarer Zellen mittels Dielektrophorese erfolgte durch H.A.Pohl, der den Frequenzbereich der um die Zelle erzeugten Felder erfaßte. Dieser erstreckte sich von 5 kHz bis 9 MHz [5]. Heute existieren Methoden zur direkten Erfassung elektromagnetischer Felder in unmittelbarer Umgebung der Zelloberfläche, jedoch werden zur intrazellulären Messung mit Hilfe von Nanotechnologien hergestellte spezielle Sensoren benötigt [7]. Erregbare Zellen (Neuronen) können während der Erregung sowohl niederfrequenterer Felder im Bereich um 200Hz [8] als auch Felder mit höherfrequenten Harmonischen bis zu 10 kHz [9] erzeugen. Obwohl diese Erscheinungen auf eine Gruppe spezialisierter Zellen beschränkt ist werden andererseits in komplizierten Strukturen in diese Prozesse andere erregbare Gebilde über die erzeugbaren elektrischen Felder einbezogen. So wurde beispielsweise nachgewiesen, daß niederfrequente elektrische Felder verschiedene Zellfunktionen einschließlich Proliferation und Differenzierung beeinflussen können [10]. Die Sensitivität erregbarer Zellen, beispielsweise Neuronen, gegenüber schwachen elektrischen Feldern ist überaus hoch [11].

Sich ausbreitende Erregungsimpulse in Form von Wirkungspotentialen oder sich langsam ändernder (tonischer) Potentiale wirken auf benachbarte Zellen und Gewebe. Solcherart Einwirkung kann sich als erhöhte Erregbarkeit (Verringerung des Membranpotentials und Entwicklung eines

Wirkungspotentials) oder als Hyperpolarisierung und Verringerung der Erregbarkeit äußern. Der Ionenstrom durch erregbare Membranen erzeugt variable oder sehr langsame (quasikonstante) elektrische Ströme, die - indem sie sich im Medium ausbreiten - unmittelbar auf andere Organe und Gewebe einwirken. Somit kann man von einer wichtigen Rolle endogener bioelektrischer Felder in normalen Aktivitätsprozessen hochorganisierter lebender Systeme sprechen [12, 13]. All diese Felder können im Prozeß des Informationsaustausches zwischen Zellen, Geweben und Organen eine bestimmte Rolle spielen, indem sie auf diese Weise an den Selbstregulationsprozessen im Organismus teilnehmen.

Die Aufzeichnung der magnetischen Komponente menschlicher elektromagnetischer Felder in Form von Magnetokardiogrammen, Magnetoencephalogrammen, Magnetomyogrammen u.a. wie auch bioelektrischer Signale erlaubt es, den Zustand der wichtigsten Organe und funktionalen Organsysteme einzuschätzen [3, 14]. Die wichtigsten Merkmale verschiedener biomagnetischer Signale der Organe und Organsysteme des Menschen sind in Tabelle 2 dargestellt [15]. Im Unterschied zur bioelektrischen Aktivität bereitet die Erfassung der Magnetkomponente wegen der extrem niedrigen magnetischen Induktion, die weit unter der konstanten Erdmagnetfeldkomponente liegt, große Schwierigkeiten. Zu diesem Zweck werden supraleitende Quanteninterferometer oder SQUID-Magnetometer eingesetzt, deren Name von der englischen Abkürzung SQUID – Superconducting Quantum Interference Device herrührt [16]. SQUID-Magnetometer besitzen eine sehr hohe Empfindlichkeit in der Größenordnung von dutzenden picoTesla, die während der Messung bis zu  $10^{-15}$  Tesla erreichen kann.

Tabelle 2.

Die wichtigsten Parameter innerer biomagnetischer Signale von menschlichen Organen und Organsystemen. Nach [15], mit Änderungen

Informative Signalbedeutung	Prozeßcharakteristika	
	Bereich der informativen Frequenzen	Magnetische Induktion
Magnetokardiogramm	0,1 – 100 Hz	1-100 pT
Magneto-Enterographie	0,01 – 0,05 Hz	0,1 – 10 pT
Magnetoencephalogramm	0,1 – 100 Hz	0,1 – 10 pT ( $\alpha$ - Rhythmus)
Magnetoneurogramm	100 – 1000 Hz	$10^{-3}$ - $10^{-2}$ pT
Magnetopneumogramm	0,1 – 10 Hz	$10^2$ – $10^3$ pT
Magnetogastrographie	0,05 Hz	1 – 20 pT

Im Prinzip können alle biomagnetischen Felder mehreren Arten zugehören, die in Abhängigkeit von ihrer Natur in drei Gruppen unterteilt werden können [16]. Die erste Gruppe wird durch biomagnetische Felder vertreten, die durch bioelektrochemische Quellen erzeugt werden, zu denen erregbare Organe und Gewebe gehören. Zur zweiten Gruppe gehören Magnetfelder von Mikro- und Nanopartikeln, die entweder biologischen Ursprungs sind (biogenes Magnetit) oder auf die ein oder andere Weise aus der Umgebung in den Organismus gelangt sind Und schließlich Felder, die ihre Entstehung der Inhomogenität der magnetischen Suszeptibilität von Organismusgewebe verdanken, bilden eine dritte Gruppe. In medizinischer Hinsicht kommt die größte Bedeutung den biomagnetischen Feldern der ersten Gruppe zu, die in letzter Zeit neben den bioelektrischen Feldern aktiv in der Diagnostik genutzt werden [17].

## Steuerungssysteme im Organismus

Steuerungssysteme in biologischen Objekten unter Beteiligung des Nervensystems über elektrische Felder wurden 1962 durch R.O. Becker und Coautoren sowie H. Friedman und Coautoren entdeckt [18, 19]. Die grundlegenden konzeptionellen Thesen zur Existenz zweier elektrischer Steuerungssysteme im Organismus wurden jedoch schon früher durch N.A. Aladshalova [20] formuliert und experimentell bestätigt. Nach dieser Hypothese zeichnen sich im Organismus zwei Steuerungssysteme ab – ein schnell wirkendes und ein langsames. Zum Aufgabenbereich des ersten Systems gehören schnelle Reaktionen, die die Antwort auf einen Reiz darstellen, d.h. dem Typus nach Orientierungsreaktionen. Das zweite System ist langsam, schätzt einwirkende Umweltfaktoren ab, reorganisiert das Aktivitätsniveau des Organismus in Verbindung mit der Regulierung seiner Stabilität, der Homöostase. Nach Meinung von N.A. Aladshalova besteht ‘‘Eines der Merkmale des langsamen Steuerungssystems (besteht) darin, daß es auf wenig bedeutsame einmalige (zufällige) äußere Reize nicht reagiert. Seine Reaktion auf den Faktor Milieu, der mehr oder weniger systematisch einwirkt, erfolgt im Verlauf von einigen Stunden und ist wohl nicht nur auf die Überwindung erfolgter Verschiebungen im inneren Milieu sondern auch auf eine aktive Umstellung des Aktivitätsniveaus unter Berücksichtigung der Einwirkung eines neuen Faktors ausgerichtet‘‘ [20, p.162]. Das langsame Steuerungssystem wirkt auf die Parameter des schnellen Systems ein, indem es das Aktivitätsniveau des letzteren ändert. Veränderungen des langsamen Steuerungssystems sind nicht nur auf den Abgleich des Systems in Richtung Aufrechterhaltung der Homöostase ausgerichtet, sondern auch auf die Einschaltung von Mechanismen, die die Parameter des Systems aktiv verändern und nachfolgend diese Veränderungen fixieren. Somit kann das langsame Steuerungssystem zu den stabilsten Systemen gezählt werden, das die Fähigkeit besitzt, die für das System benötigten Parameterwerte auszuwählen, was es wiederum erlaubt, es als System mit höchster Adaptationsfähigkeit zu betrachten.

## Bioresonanztherapie und Steuerungssysteme

Im Rahmen der zu analysieren Fachrichtung wird die Methode der BRT als Methode der äußeren Einwirkung (Steuerung) auf das Funktionieren eines beliebigen biologischen Systems betrachtet, die mittels elektromagnetischer Signale mit bestimmtem Informationsgehalt gestaltet wird [1].

In der BRT repräsentieren die zur Einwirkung vorgesehenen Systeme des Organismus das aktive, dynamische gesteuerte Glied, während die informationstragende elektromagnetische Einwirkung eine Funktion der parametrischen Veränderungen dieser Systeme darstellt. Die Besonderheit einer derartigen Steuerung in der BRT besteht in der Spezifik der Akkumulation der laufenden (zusätzlichen) Information über den Zustand und die dynamischen Charakteristika der funktionalen Systeme des Organismus, die für das Erreichen eines optimalen Heilungseffektes benötigt werden. Dabei wird die Steuerung der Systemregulierung der Funktionen des Organismus selbst in Abhängigkeit nicht nur von der a-priori Information, sondern auch von der laufenden, im on-line-Regime gewonnenen Information durchgeführt, was deren zeitliche Abstimmung aufeinander voraussetzt.

Die Gewährleistung des notwendigen Heilungseffektes durch BRT hängt von der Synchronisation der äußeren elektrischen Signale mit den internen Frequenzen bzw. vom optimalen Aufzwingen des äußeren Rhythmus bei ausgewählten Einwirkungsparametern ab. Man kann der Meinung von A.S. Presmsan kaum widersprechen, daß ‘‘... im Organismus *vielfältige* Wechselwirkungen dieser (*elektromagnetischer* – Anmerkung der Autoren) Art existieren (natürlich neben den schon bekannten neurohumoralen Verbindungen), differenziert nach spezifischen ‘‘Arbeits-‘‘frequenzen, Intensitätsintervallen und Kodierungsmethoden ‘‘[21, p.220]. Die Suche

derartiger selektiver „Arbeits-“ frequenzen und ihre Verifikation unter klinischen Bedingungen erlaubt es, die therapeutischen Möglichkeiten sowohl der endogenen als auch der exogenen BRT zu erweitern und die Effektivität dieser Methode zu erhöhen.

### **Stochastische Resonanz als gemeinsamer Mechanismus der endogenen und exogenen BRT**

In den Grundlagen sowohl der endogenen als auch der exogenen BRT spielt die stochastische Resonanz eine wichtige Rolle. Mit Bezug zur endogenen BRT wurde die Erscheinung der stochastischen Resonanz früher betrachtet [1]. Im Prozeß der Verstärkung des einwirkenden (therapeutischen) Signals im Ergebnis von Energiezufuhr von einem breitbandigen inneren biologischen Objekt oder durch äußeres Rauschen besteht sie in der Überwindung einer Schwelle und folgender Realisierung einer Antwortreaktion. Bei der exogenen BRT, bei der äußere variable Magnetfelder mit bestimmten, fixierten Frequenzen benutzt werden, spielt die stochastische Resonanz ebenfalls eine führende Rolle.

Grundlage ist die synchrone Modulation des Potentials der steuerbaren Kanäle der Zellmembran durch äußere variable Magnetfelder, die in eine Modulation der Ionenströme durch die Membran transformiert wird [22, 23]. Die Existenz einer großen Anzahl von Ionenkanälen in der Zellmembran erlaubt es, diese unter dem Aspekt der räumlichen Summation der äußeren Signale als Elementarempfänger zu betrachten. Im Ergebnis erfolgt eine Resonanzverstärkung des urtümlichen Signals, die dutzende und hunderte Male erreichen kann und zu einer Vergrößerung des Signal-Rausch-Verhältnisses führt. Damit stellt die stochastische Resonanz derzeit eine der plausibelsten theoretischen Konzeptionen dar, die in der Lage ist, die Mechanismen der Heilwirkung der endogenen und der exogenen BRT zu erklären.

### **Schlußfolgerungen**

Die Heilungsmechanismen der endogenen und exogenen BRT wurden vom Standpunkt der Steuerungstheorie in komplizierten Systemen aus betrachtet. Es wurde gezeigt, daß die Grundlage der therapeutischen Wirkung der BRT in der kontaktbehafteten oder kontaktlosen (distanten) Einwirkung auf das Regulierungssystem des menschlichen Organismus besteht, das auf internen elektromagnetischen Feldern beruht. Die Konzeption zweier Steuerungssysteme im menschlichen Organismus auf der Grundlage elektromagnetischer Wechselwirkungen, eines langsamen und eines schnell reagierenden, wurde erörtert

## Literatur

1. Готовский М.Ю., Перов Ю.Ф., Чернецова Л.С. Биорезонансная терапия. – М.: ИМЕДИС, 2013.
2. Готовский М.Ю. Системный анализ дозиметрии при магнитотерапии как проблемы управления // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т.12, № 3. – С.653-656.
3. Malmivuo J., Plonsey R. Bioelectromagnetism. Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. – New York: Oxford, Oxford University Press, 1995.
4. Москвин С.В., Новиков А.С., Плаксин С.В., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Биофизические исследования собственных электромагнитных полей биообъектов. – Москва, Тверь, Тула: Изд-во «Триада», 2007.
5. Жуковский В.Д. Автоматизированная обработка данных клинических функциональных исследований. – М.: Медицина, 1981.
6. Pohl H.A. Natural alternating fields associated with living cells // Int. J. Quantum Chem. Suppl.: Proceedings of the International Symposium on Quantum Biology and Quantum Pharmacology. – 1983. – Suppl.11. – P. 367-368.
7. Kučera O., Cifra M., Pokorný J. Technical aspects of measurement of cellular electromagnetic activity // Eur. Biophys. J. – 2010. – Vol.39, N.10. – P.1465-1470.
8. Buzsaki G., Horvath Z., Urioste R., Hetke J., Wise K. High-frequency network oscillation in the hippocampus // Science. – 1992. – Vol.256, N.5059. – P. 1025-1027.
9. Collins D.R., Pelletier J.G., Pare D., 2001. Slow and fast (gamma) neuronal oscillations in the perirhinal cortex and lateral amygdale // J. Neurophysiol. – 2001. – Vol.85, N.4. – P.1661-1672.
10. Foletti A., Lisi A., Ledda M., de Carlo F., Grimaldi S. Cellular ELF signals as a possible tool in informative medicine // Electromagn. Biol. Med. – 2009. – Vol.28, N.1. – P.71-79.
11. Francis J.T., Gluckman B.J., Schiff S.J. Sensitivity of neurons to weak electric fields // J. Neurosci. – 2003. – Vol.23, N.19. – P.7255-7261.
12. McCaig C.D., Rajnicek A.M., Song B., Zhao M. Controlling cell behavior electrically: current views and future potential // Physiol. Rev. – 2005. – Vol.85, N.3. – P.943-978.
13. Levin M., Stevenson C.G. Regulation of cell behavior and tissue patterning by bioelectrical signals: challenges and opportunities for biomedical engineering // Annu. Rev. Biomed. Eng. – 2012. – Vol.14. – P.295-323.
14. Вильямсон С.Дж., Кауфман Л., Бреннер Д. Биомagnetизм // Слабая сверхпроводимость. Квантовые интерферометры и их применение / Под ред. Б.Б. Шварца, С. Фонера. – М.: Мир, 1980. – С.197-242.
15. Sternickel K., Braginski A.I. Biomagnetism using SQUIDS: status and perspectives // Supercond. Sci. Technol. – 2006. – Vol.19, N.3. – S160-S171.
16. Кнеппо П., Титомир Л.И. Биомagnetные измерения. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
17. Magnetism in Medicine: A Handbook. W. Andrä, H. Nowak eds. 2nd edition. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007.
18. Becker R.O., Bachman C.H., Friedman H. The direct current control system: a link between the environment and the organism // N.Y. State J. Med. – 1962. – Vol.62, N.8. – P.1169-1176.
19. Friedman H., Becker R.O., Bachman C.H. Direct current potentials in hypnoanalgesia // Arch. Gen. Psychiat. 1962. – Vol.7, N.3. – P.193-197.
20. Аладжалова Н.А. Медленные электрические процессы в головном мозге. – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
21. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968.

22. Teng H.-C. A puzzle of the effect of magnetic field on biological cells // Life Science J. – 2005. – Vol.2, N.1. – P.16-21.
23. Teng H.-C. The molecular biological application of the theory of stochastic resonance: the cellular response to the ELF AC magnetic Field // Nature and Science. – 2005. – Vol.3, N.1. – P.37-41.

Übersetzung: Prof. Dr. Dr. Volker Kempe, Lieboch 11.11.2014