

УДК 615.012 + 621.371

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ
КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В ФАРМАЦИИ****Кузнецов Д.Б.***Пермская государственная фармацевтическая академия Росздрава,
Пермь, e-mail: denis.pfa@gmail.com*

В работе приводится обзор научных данных по воздействию крайне высокочастотного излучения на растворы и биологические объекты. Приведены данные о возможности применения ЭМИ в фармации с целью повышения эффективности технологических процессов и проблемы их внедрения. Обсуждаются механизмы воздействия крайне высокочастотного излучения на биологические объекты, то, каким образом меняются свойства среды и какие проявляются биологические эффекты. Основными значимыми эффектами воздействия ЭМИ является повышение биосинтетической способности, пролонгированный эффект от однократного облучения, а также ослабление действия факторов, отрицательно влияющих на функции клеток и восстановление репрессированной различными способами биосинтетической активности культур. На основании представленных данных дается оценка перспективности разработки аппаратов с системами воздействия крайне высокочастотными излучениями для осуществления производства биофармацевтических продуктов.

Ключевые слова: КВЧ-излучение, нативная агрегация, гидродинамическая неустойчивость, мембраны, ферментация

**PROSPECTS OF ELECTROMAGNETIC EHF-RADIATION
LOW POWER IN PHARMACY****Kuznecov D.B.***Perm of state pharmaceutical academia, Perm, e-mail: denis.pfa@gmail.com*

This paper reviews the scientific evidence on the impact of short-wave radiation on solutions and biological objects. The data on the possibility of using EMR in pharmacy in order to increase the efficiency of processes and problems of implementation. The mechanisms of action of EHF-radiation on biological objects, how can change the properties of the environment and which are shown biological effects. The main significant effects is to increase the impact of EMR biosynthetic capacity, prolonged effect of a one-time exposure, as well as the weakening of the factors that negatively affect the function of cells and restore the repressed ways biosynthetic activity of cultures. From the data presented an assessment of the prospects of the development of vehicles with systems impact EHF radiation for the production of biopharmaceutical products.

Keywords: EHF-radiation, native aggregation, hydrodynamic instability, membranes, fermentation

Электромагнитные волны в миллиметровом диапазоне были освоены в 1965–1966 гг. Именно в эти годы в России под руководством акад. Н.Д. Девяткова и М.Б. Голанта были разработаны и стали серийно выпускаться генераторы на основе широкополосных ламп обратной волны. Ряд исследований показал эффективность использования электромагнитных полей низкой интенсивности в диапазоне 4,6–8,5 мм (КВЧ-излучение) для использования в биотехнологических процессах.

Проблема воздействия низкоинтенсивного КВЧ-излучения на живые организмы является частью общей проблемы воздействия слабых внешних факторов разной физической природы. Воздействие радиоволн КВЧ диапазона успешно изучается и применяется в исследовательской и практической медицине. Исследования проводились также на объектах биотехнологии, которые показывают большие перспективы [18].

Биотехнология сейчас определяется как промышленное использование биологических процессов на основе получения вы-

сокоэффективных форм микроорганизмов, культур клеток и тканей растений и животных с заданными свойствами. Например, установлена зависимость жизнедеятельности микроорганизмов от облучения миллиметровыми волнами.

Получаемые при облучении микроорганизмов эффекты в дальнейшем могут явиться основой новых методов получения вакцин, увеличения продуктивности методов получения антибиотиков [8].

Особенно интересно использование КВЧ-излучения интересно тем, что по сравнению с химическими агентами оно не имеет побочных эффектов (аккумуляция метаболитов и образование новых биохимических цепочек в метаболизме организма).

**Приложение КВЧ-излучения
в производстве
биофармацевтических препаратов**

Исследование действия КВЧ-излучения на микроорганизмы показало, что оно оказывает влияние на морфологию клеток, процесс клеточного деления, ряд биологических свойств бактерий, скорость роста

(выход биомассы), выход ферментов в среде. При этом отсутствовал мутагенный эффект [17].

Н.И. Сеницыным установлено, что эти особенности воздействия КВЧ-излучения на водосодержащие среды, приводящие к появлению биологических эффектов, проявляются только в том случае, если водная среда структурирована. При ее отсутствии происходит лишь её обычный тепловой нагрев [15].

Исследования процессов клеточного деления микроорганизмов при воздействии ЭМИ показали, что это влияние сказывается лишь в узких полосах частот. А биологические эффекты облучения могут запоминаться организмами на длительное время [16].

В настоящее время основным, наиболее изученным и наиболее широко используемым объектом биофармацевтики является *E. coli*. В отношении данной бактерии выявлены стимуляция роста, возрастание устойчивости к деградации на длинах волн 5,6–7,2 [4].

Известно, что проводились исследования воздействия ЭМИ в промышленных условиях на Московском экспериментальном пивоваренном заводе ВНИИ безалкогольной промышленности и продуктов брожения совместно с биофаком МГУ им. М.В. Ломоносова и НПО «Исток» в конце 70-х и начале 80-х годов прошлого века [17]. Целью проведенных исследований было изучение возможности использования КВЧ-излучений на клетки дрожжей для интенсификации процесса пивоварения и улучшения качества получаемого продукта. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что облучение инокулята дрожжей миллиметровыми волнами приводит к интенсификации производственного процесса, улучшению вкусовых качеств и питательности пива, при этом сокращая длительность брожения, увеличивается флуксуационная способность, снижается количество диацетила и альдегидов (токсичные вещества), увеличивается содержание гликогенов, т.е. повышаются питательные свойства пива. Экспериментально были обнаружены еще два важных эффекта КВЧ-излучения: ослабление действия факторов, отрицательно влияющих на функции клеток, а также восстановление репрессированной различными способами биосинтетической активности дрожжевых культур (подобные результаты наблюдались при воздействии и на другие культуры). Эти данные говорят о повышении резистентности исследованных клеток к повреждающим факторам среды.

Это очень важное свойство КВЧ-излучения, так как при производстве про-

биотиков, вакцин или других биофармацевтических продуктов культура используется многократно, т.е. применяется для нескольких циклов ферментации (причем, производственная генерация включает более 100 циклов размножения). В экспериментах было обнаружено еще одно очень важное свойство миллиметровых волн: оказалось, что возможно многократное использование однажды облученной культуры при сохранении ею высокой биосинтетической активности и сокращении длительности ферментации, т.е. имел место эффект пролонгации (более 70 циклов).

Свойства среды и эффекты под воздействием КВЧ-излучения

Известно, что КВЧ-излучение очень сильно поглощается водой. В работе [5] рассмотрено поглощение КВЧ-излучения в водных растворах без ограничения на их толщину и продемонстрирована возможность появления гидродинамической неустойчивости в виде термогравитационной конвекции. Также в работе [1] показано, что при облучении тонких слоев водных растворов (не более 2,0 мм) гидродинамическая неустойчивость имеет иной характер, при котором преимущественно имеет место термокапиллярный эффект [21]. При этом в тонком слое появляется градиент температуры, что не наблюдается в опытах, где облучаемые слои водных растворов более 2 мм. При облучении наблюдались нестационарные и колебательные течения даже при небольших уровнях плотности падающей мощности (5–10 мВт/см²). Появление градиента температуры в конечном счете влияет на поверхностное натяжение и, следовательно, вызывает движение жидкости в поверхностном слое [1]. Межфазная конвекция приводит к обогащению кислородом слоев воды и ускорению газообмена раствора с воздухом по всей границе раздела фаз при излучении низкой интенсивности (0,5 мВт/см²).

В работе [9] представлены данные о том что КВЧ-излучение мощностью более 0,2 мВт/см² ускоряет биохимические реакции. Необходимо отметить, что эффект КВЧ-излучения наблюдался при всех исследованных длинах волн (4,0...7,1 мм).

При изучении влияния КВЧ-излучения на структурно-динамическое состояние модельных биомембран в работе [10] было выяснено, что если при 61,8 ГГц объем воды, ассоциированной с полярными группами фосфолипидов липосом, возрастает, то при 62,6 ГГц наблюдается обратная картина, свидетельствующая об уменьшении поверхностного водно-липидного слоя. Таким

образом, при облучении на частоте 61,8 ГГц происходит разрушение (разупорядочивание) водного окружения фосфолипидов, а при 62,6 ГГц, наоборот, увеличение слоя пограничной воды. И в обоих случаях эти изменения происходят на фоне возрастающей, по сравнению с контролем, плотности упаковки фосфолипидных головок.

Механизмы воздействия ЭМИ

Механизм действия низкоинтенсивных излучений на клетки остается актуальной проблемой в современной молекулярной биологии и биофизике, тем не менее, экспериментальные и теоретические данные говорят в пользу того, что молекулы воды [2] и водные кластеры [12] являются важными при изучении влияния физических факторов на биологические объекты и являются первичным акцептором ЭМИ.

При комнатной температуре кванты КВЧ-излучения могут влиять, в основном, только на кинетическую энергию вращения полярных молекул (например, ДНК, РНК, белки, вода) [17], это означает, что КВЧ-излучение способно оказывать влияние на нативную агрегацию. Согласно В.В. Матвееву [23] нативная агрегация – это обратимая высокоспецифичная агрегация белков, находящаяся под генетическим контролем, в результате которой формируются временные структуры. Методологической основой данной гипотезы являются результаты исследований научных школ Д.Н. Насонова [11] и Г. Линга [20].

Смысл гипотезы в интерпретации воздействия КВЧ-излучения на живые объекты подразумевает, что в клетке под действием излучения образуются временные структуры, которые носят сигнальную функцию. Первопричиной любых функциональных изменений в клетке является появление в результате нативной агрегации сигнальных структур, непрерывно возникающих и распадающихся в процессе ее жизнедеятельности.

Сигнальные структуры могут обладать разнообразными свойствами: (1) могут быть центрами связывания ионов, молекул и белков; (2) могут обладать ферментативной активностью; (3) могут образовывать каналы и межклеточные контакты; (4) могут служить матрицей, организующей взаимодействие молекул в синтетических и транспортных процессах; (5) могут служить рецепторами сигнальных молекул; (6) могут служить основой для построения еще более сложных надмолекулярных структур. Эти структуры «вспыхивают» в пространстве клетки подобно сигнальным огням, выполняют свою роль и исчезают, чтобы появиться вновь в другом месте и в другое

время. Смысл существования структурных «вспышек» в том, что при переходе в активное состояние клетке необходимы новые ресурсы, функции, механизмы, регуляторы и сигналы. Как только клетка переходит в состояние покоя, необходимость в этих структурах исчезает, и они разбираются.

Помимо этого преимущественное большинство полярных молекул в живом организме находятся на высоком энергетическом уровне [6], за счет этого при малом воздействии внешнего или внутреннего раздражителя возбуждение перемещается по специфическим путям, структуру которых определяет белковый матрикс клетки. КВЧ-излучение влияет на кинетическую энергию вращения полярных молекул и, соответственно, на движение возбуждения по слоям пограничной воды. Состояние макромолекул может синхронизироваться как в микрообъемах, так и в объеме всей клетки. Вода в клетке и в модельных системах более упорядочена, чем объемная [20], поэтому встраивание молекулы растворенного вещества в растворитель с более жесткими связями энергетически невыгодно, и они вытесняются из системы.

Несмотря на все разнообразие белков, все они имеют абсолютно одинаковый полипептидный остов, различия между белками обусловлены лишь боковыми цепями. Расположение указанных диполей вдоль полипептидного остова оказывается в структурном отношении комплементарным структуре воды. Другая особенность групп пептидной связи состоит в том, что они образуют водородные связи либо друг с другом (во вторичных структурах), либо с водой (развернутые участки полипептидной цепи) [19].

Важное свойство дипольных молекул состоит в том, что их дипольный момент не является величиной постоянной, а зависит от их взаимодействий с другими дипольными молекулами [24].

Однако все начинает меняться, если развернутый полипептид, адсорбированный воду, начинает сворачиваться с образованием вторичных структур. В этом процессе пептидные группы отказываются от водородных связей с водой и образуют их между собой. Прежде связанная вода десорбируется и приобретает свойства объемного растворителя [22].

Правомерность такого взгляда на взаимодействие полипептидов и других гидрофильных полимеров с водой получило убедительное экспериментальное подтверждение [25].

В работе [14] обсуждается новый физический механизм высокой чувствитель-

ности водосодержащих биологических объектов к слабым ЭМИ в КВЧ-диапазоне. Этот эффект связан с открытием собственных резонансных частот у водных кластеров, лежащих в диапазоне частот примерно 50–70 ГГц. При облучении биологических объектов КВЧ-излучением имеет место захват молекулярными водными осцилляторами (кластерами) частоты внешнего сигнала и усиление по типу синхронизированной генерации или регенеративного усиления. Волны возбуждения на этих частотах распространяются в водных средах с очень малыми потерями, почти как в случае давидовских солитонов [7], и, тем самым, могут проникать на большую глубину облучаемого объекта, вовлекая глубинные структуры в процесс взаимодействия со слабым внешним сигналом.

При совпадении частоты излучения с частотой вращения полярных молекул возможна перекачка энергии излучения молекуле, сопровождающаяся увеличением вращательной кинетической энергии, что влияет на ее реакционную способность [3] и определяет её селективное взаимодействие с другими молекулами, что говорит о перспективности использования КВЧ-излучения в качестве физического стимулятора для усиления разнообразных функций белков в живой клетке и практического использования в производстве биофармацевтических препаратов. Когда происходит совпадение частот с молекулами, вода и биообъекты становятся значительно более «прозрачными» для ЭМИ [13].

Заключение

Показана перспективность использования КВЧ-излучения в биофармацевтическом производстве в качестве средства оптимизации биотехнологических процессов. Однако все же остаются проблемы с глубоким пониманием механизмов воздействия и, соответственно, разработки новых производственных установок, которые бы позволили масштабировать лабораторные исследования до промышленного уровня с сохранением значимого биологического эффекта КВЧ-излучения на процессы ферментации. Выявленные особенности процесса ферментации, испытывающего влияние миллиметрового излучения, накладывают дополнительные трудности из-за существующего уровня техники.

Список литературы

1. Андреев В.Е., Полников И.Г., Казаринов К.Д. Использование в биохимическом эксперименте явления межфазной конвекции в водных растворах при поглоще-

нии КВЧ-излучения // Электронная техника. Сер. 1, СВЧ-техника – 2007. – № 2 (490). – С. 35–41.

2. Бецкий О.В., Голант М.Б., Девятков Н.Д. Миллиметровые волны в биологии. – М.: Знание, 1988. – 64 с.

3. Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Кислов В.В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – № 4.

4. Бецкий О.В., Кислов В.В. Волны и клетки. – М.: Знание. Сер. Физика, 1990. – №2.

5. Борисенко Г.Г., Полников И.Г., Казаринов К.Д. Использование гидродинамической неустойчивости при микроволновом облучении жидких сред в биохимическом эксперименте // Электронная техника. Сер. 1, Электроника СВЧ. – 2007. – № 1(489). – С. 98–106.

6. Воейков В.Л. Ключевая роль устойчиво неравновесного состояния водных систем в биоэнергетике // Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева) т. LIII. – 2009. – №6. – С. 41–49.

7. Давыдов А.С. Солитоны в молекулярных системах. – Киев: Наук. Думка, 1984

8. Девятков Н.Д. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона волн на биологические объекты // УФН 110. – 1973. – С. 453–454.

9. Казаринов К.Д. Биологические эффекты КВЧ-излучения низкой интенсивности // Итоги науки и техники. Сер. Биофизика. – 1990. – Т. 27. – 102 с.

10. Крыницкая А.Ю., Суханов П.П., Седельников Ю.Е. Влияние КВЧ-излучения на структурно-динамическое состояние модельных биомембран // Радиоэлектроника. – 2011. – №4. – С. 1–9.

11. Насонов Д.Н. Местная реакция протоплазмы и распространяющееся возбуждение. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 426 с.

12. Петросян В.И., Сеницын Н.И., Ёлкин В.А. Люминесцентная трактовка «СПЕ-эффекта» // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – №1. – С. 28–38.

13. Особая роль системы «миллиметровые волны – водная среда» в природе / Н.И. Сеницын, В.И. Петросян, В.А. Ёлкин и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – №1. – С. 5–23; – 1999. – №1. – С. 3–21.

14. Вода, парадоксы, величие малых величин / Н.И. Сеницын, В.И. Петросян, В.А. Ёлкин и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2000. – №2.

15. Сеницын Н.И. Особая роль структуризации водосодержащей среды в современных биомедицинских радиоэлектронных технологиях и нанотехнологиях будущего / Н.И. Сеницын, В.А. Ёлкин // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника: юбилейный выпуск к 100-летию со дня рождения Н.Д. Девяткова. – 2007. – № 2–4. – С. 31–43.

16. Сеницын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В. Миллиметровая наноструктурная медицина – нанотехнология будущего в биомедицинских радиоэлектронных технологиях // Альманах клинической медицины, Т. XVII, Ч. II. – М., 2008. III Троицкая конференция «Медицинская физика и инновации в медицине». – С. 354–357.

17. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Бецкий О.В., Гуляев Ю.В. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы. – М.: Радиотехника, 2003.

18. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лукьянов А.А. Применение активных частот электромагнитного излучения миллиметрового и сантиметрового диапазона в микробиологии. – Научное издание. – 2002. – №1.

19. Финкельштейн А.В. и Птицын О.Б. Физика белка. – М.: Книжный дом «Университет», 2005. – 456 с.

20. Ling GN. A convergence of experimental and theoretical breakthroughs affirms the PM theory of dynamically structured cell water at the theory's 40th birthday. In: Water and the Cell (Pollack, G.H., Cameron, I. L. and Wheatley, D.N., eds.). Springer Verlag, Berlin. – New York, 2006. – P. 1–52.

21. Kazarinov K.D., Putvinsky A.V., Malinin V.S. Interface convection in water as a primary mechanism of extra high frequency irradiation // *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine: Plenum Publishing Corporation. N.Y. – 1998. – P. 569–572.*
22. Ling GN. Nano-protoplasm: the ultimate unit of life. *Physiol Chem Phys Med NMR. 2007;39(2):111–234.*
23. Matveev V.V. Native aggregation as a cause of origin of temporary cellular structures needed for all forms of cellular activity, signaling and transformations // *Theoretical Biology and Medical Modelling. – 2010.*
24. Spackman MA, Munshi P, Dittrich B. Dipole moment enhancement in molecular crystals from X-ray diffraction data // *Chemphyschem. – 2007. – № 8(14). – P. 2051–2063.*
25. Zheng JM, Chin WC, Khijniak E, Khijniak E Jr, Pollack GH. Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact // *Adv Colloid Interface Sci. – 2006. – № 127(1). – P. 19–27.*
21. Kazarinov K.D., Putvinsky A.V., Malinin V.S. Interface convection in water as a primary mechanism of extra high frequency irradiation // *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine: Plenum Publishing Corporation. N.Y., 1998. pp. 569–572.*
22. Ling GN. Nano-protoplasm: the ultimate unit of life. *Physiol Chem Phys Med NMR. 2007; 39(2):111–234.*
23. Matveev V.V. Native aggregation as a cause of origin of temporary cellular structures needed for all forms of cellular activity, signaling and transformations. *Theoretical Biology and Medical Modelling 2010.*
24. Spackman MA, Munshi P, Dittrich B. Dipole moment enhancement in molecular crystals from X-ray diffraction data. *Chemphyschem. 2007; 8(14):2051–2063*
25. Zheng JM, Chin WC, Khijniak E, Khijniak E Jr, Pollack GH. Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact. *Adv Colloid Interface Sci. 2006;127(1):19–27.*
- Biomedicinskaja radioelektronika. 1998. no. 1. pp. 5–23; 1999. no. 1. pp. 3–21.
14. Sinicyan N.I., Pertrosjan V.I., Jolkin V.A. i dr. Voda, paradoksy, velichie malyh velichin. – Biomedicinskaja radioelektronika, 2000, no. 2.
15. Sinicyan N.I. Osobaja rol' strukturizacii vodosoderzhavjej sredy v sovremennyh biomedicinskih radioelektronnyh tehnologijah i nanotehnologijah buduwego / N.I. Sinicyan, V.A. Jolkin // *Biomedicinskie tehnologii i radioelektronika: jubilejnij vypusk k 100-letiju so dnja rozhdenija N.D. Devjatkov. 2007. no. 2–4. pp. 31–43.*
16. Sinicyan N.I., Jolkin V.A., Beckij O.V. Millimetrovaja nanostrukturalnaja medicina – nanotehnologija buduwego v biomedicinskih radioelektronnyh tehnologijah // *Al'manah klinicheskoj mediciny, Tom XVII, chast' II, Moskva, 2008, III Troickaja konferencija «Medicinskaja fizika i innovacii v medicine», pp. 354–357.*
17. Tambiev A.H., Kirikova N.N., Beckij O.V., Guljaev Ju.V. Millimetrovye volny i fotosintezirujuje organizmy. M.: Radiotekhnika, 2003.
18. Tambiev A.H., Kirikova N.N., Luk'janov A.A. Primenenie aktivnyh chastot jelektromagnitnogo izlucheniija millimetrovogo i santimetrovogo diapazona v mikrobiologii. – *Naukoemkie tehnologii, 2002, no. 1.*
19. Finkel'shtejn A.V. i Pticyan O.B. Fizika belka. Moskva: Knizhnyj dom Universitet, 2005 g. 456 p.
20. Ling GN. A convergence of experimental and theoretical breakthroughs affirms the PM theory of dynamically structured cell water at the theory's 40th birthday. In: *Water and the Cell (Pollack, G.H., Cameron, I. L. and Wheatley, D.N., eds.). Springer Verlag, Berlin, New York, 2006; pp. 1–52.*
21. Kazarinov K.D., Putvinsky A.V., Malinin V.S. Interface convection in water as a primary mechanism of extra high frequency irradiation // *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine: Plenum Publishing Corporation. N.Y., 1998. pp. 569–572.*
22. Ling GN. Nano-protoplasm: the ultimate unit of life. *Physiol Chem Phys Med NMR. 2007; 39(2):111–234.*
23. Matveev V.V. Native aggregation as a cause of origin of temporary cellular structures needed for all forms of cellular activity, signaling and transformations. *Theoretical Biology and Medical Modelling 2010.*
24. Spackman MA, Munshi P, Dittrich B. Dipole moment enhancement in molecular crystals from X-ray diffraction data. *Chemphyschem. 2007; 8(14):2051–2063*
25. Zheng JM, Chin WC, Khijniak E, Khijniak E Jr, Pollack GH. Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact. *Adv Colloid Interface Sci. 2006;127(1):19–27.*

References

1. Andreev V.E., Polnikov I.G., Kazarinov K.D. Ispol'zovanie v biohimicheskom jeksperimente javlenija mezhfaznoj konvekcii v vodnyh rastvorah pri poglowenii KVCh-izlucheniija // *Jelektronnaja tehnika. Ser. 1., SVCh-tehnika 2007. no. 2 (490). pp. 35–41.*
2. Beckij O. V., Golant M.B., Devjatkov N.D. Millimetrovye volny v biologii. M.: Znanie, 1988. 64 p.
3. Beckij O.V., Devjatkov N.D., Kislov V.V. Millimetrovye volny nizkoj intensivnosti v medicine i biologii // *Biomedicinskaja radioelektronika. 1998. no. 4.*
4. Beckij O.V., Kislov V.V. Volny i kletki. – M.: Znanie. Ser. Fizika, 1990, no. 2.
5. Borisenko G.G., Polnikov I.G., Kazarinov K.D. Ispol'zovanie gidrodinamicheskoj neustojchivosti pri mikrovolnovom obluchenii zhidkih sred v biohimicheskom jeksperimente // *Jelektronnaja tehnika. Ser. 1, Jelektronika SVCh. 2007. no. 1(489). pp. 98–106.*
6. Voejkov V.L. Ključevaja rol' ustojchivo neravnovesno sostojanija vodnyh sistem v bioenergetike // *Rossijskij himičeskij žurnal (Zhurnal RHO im. D.I. Mendeleeva) t. LIII, no. 6, 2009, pp. 41–49.*
7. Davydov A.S. Solitony v molekularnyh sistemah. Kiev: Nauk. Dumka, 1984
8. Devjatkov N.D. Vlijanie jelektromagnitnogo izlucheniija millimetrovogo diapazona voln na biologičeskie ob'ekty // *UFN 110. 1973. pp. 453–454.*
9. Kazarinov K.D. Biologičeskie jeffekty KVCh-izlucheniija nizkoj intensivnosti // *Itogi nauki i tehniki. Ser. Bi-ofizika. 1990. T.27. 102 p.*
10. Krynickaja A.Ju., Suhanov P.P., Sedel'nikov Ju.E. Vlijanie KVCh-izlucheniija na strukturalno-dinamicheskoe sostojanie model'nyh biomembran // *Radioelektronika, no. 4 2011. pp. 1–9.*
11. Nasonov D.N. Mestnaja reakcija protoplazmy i rasprostranjajuweesja vobuzhdenie. Moskva-Leningrad: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1962 g. 426 p.
12. Petrosjan V.I., Sinicyan N.I., Jolkin V.A. Ljuminescentnaja traktovka «SPE-jeffekta» // *Biomedicinskie tehnologii i radioelektronika. 2002.no. 1. pp. 28–38.*
13. Sinicyan N.I., Petrosjan V.I., Jolkin V.A. i dr. Osobaja rol' sistemy «millimetrovye volny – vodnaja sreda» v prirode //

Рецензенты:

Ростова Н.Б., д.фарм.н., профессор, ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Росздрава, г. Пермь;
Гейн В.Л., д.фарм.н., профессор, заведующий кафедрой физколлоидной химии ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Росздрава, г. Пермь.
Работа поступила в редакцию 16.10.2012.