

# Влияние магнитного поля высокодисперсных ферромагнетиков на некоторые биологические системы

Н. Ф. Кушевская

Институт коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского НАН Украины  
252680, Киев, пр. Вернадского, 42

---

*Проведен анализ некоторых литературных данных и собственных результатов исследований по влиянию МП, создаваемых высокодисперсными ферромагнетиками, на биологические системы. Показана возможность применения высокодисперсных ферромагнетиков для медико-биологических целей.*

---

В последнее время большое внимание уделяется вопросам изучения влияния магнитных полей (МП) на биологические объекты. Эти вопросы весьма актуальны в связи с разработкой методов применения МП и практического их использования. Однако экспериментальных данных недостаточно, а иногда получаемые результаты настолько противоречивы и разнообразны, что не представляется возможным с уверенностью сформулировать закономерности действия МП на биологические системы. Кроме того, не всегда однозначно отражены современные взгляды на механизм лечебного и биологического действия МП, реакцию организма на его воздействие, использование МП и различных ферромагнетиков как источников МП. Наиболее важные теоретические и практические выводы проводимых исследований положены в основу применения МП в медицинской практике [1—8].

В данной работе сделана попытка обобщения некоторых литературных данных и собственных экспериментальных результатов изучения влияния МП высокодисперсных ферромагнетиков на биологические системы.

Анализ влияния МП на физико-химические и биологические изменения в организме дает возможность обоснованно и целенаправленно использовать эти поля для диагностических и лечебных целей [9—12].

Во многих работах [13—17] рассмотрены раз-

нообразные варианты магнитотерапии, влияния МП на физиологические функции экспериментальных животных и человека, а также методы исследований, основанные на взаимодействии МП с магниточувствительными материалами. Из литературы известно, что МП обладают биологическим действием. Этим объясняется применение в медицине методов лечения многих заболеваний. Тем более, что многочисленными исследованиями показали отсутствие специфических противопоказаний к их использованию [5, 18—20].

Интерес представляют исследования влияния МП на опухоли [21—25]. Это открывает новые перспективы и области применения в медицине, в частности, в онкологии.

Использование МП при лечении ряда заболеваний требует контроля действия МП, объективности метода, выработки биодозы, сокращения вредного воздействия и др.

Особое место в механизме биологического действия МП непосредственно через водные системы занимают ионы железа [26—28]. Наибольший интерес для биологии и медицины представляет изучение реакций, идущих с участием ионов железа, меди, кальция и др. органических молекул и радикалов [29—31]. Так, в паре железо — кислород создаются условия для проявления эффекта действия МП на скорость реакций  $Fe^{2+} + O_2 \rightarrow Fe^{3+} + O_2$  [29]. Закономерности магнитных эффектов от  $Fe^{2+}$ ,  $O_2$  могут способствовать углублению изучения механизмов каталитических реакций с участием  $Fe^{2+}$

на стадиях обрыва и разветвления цепей окисления [31, 32]. Изучено [33] влияние МП на скорость реакции разложения пероксида водорода каталазой в присутствии ионов железа, проходящую по скрыторадикальному механизму, и показана возможность образования промежуточных кислородных радикалов в координационной сфере ионов железа.

Важное место, по мнению автора, следует уделить использованию магнитных частиц (как источников МП) в качестве биологически активных веществ нового класса. Необходимо отметить, что на сегодня недостаточно сведений, касающихся применения магнитных частиц железа и соединений на его основе, соединений редкоземельных элементов и др. В частности, вопросам применения высокодисперсных ферромагнетиков для медико-биологических целей посвящены работы [13—17]. Описано применение частиц  $Fe_2O_3$ , металлического железа,  $Fe_3O_4$  и др. Введение частиц в организм зависит от дозы вещества, степени дисперсности, поверхностного заряда частиц, физико-химической устойчивости и др. [16, 34—37]. Сообщения [17, 38, 39] посвящены использованию порошков металлов Zn, Cu, Fe в коллоидной форме для лечения ряда патологических нарушений, но без учета их биологической активности. Следует отметить, что практически невозможно получить устойчивые суспензии металлов и ввести их в организм в концентрациях, достаточных для эффективного и длительного терапевтического воздействия. Можно предположить, что одним из вариантов решения этой проблемы является введение в организм металлов в виде высокодисперсных порошков металлов [17, 35—37]. Известна [40, 41] роль микроэлементов металлов в жизнедеятельности живых организмов. Недостаток их приводит к нарушению функционирования организма. Эти элементы требуются в очень малых количествах, существует ПДК [42, 43].

Для медицинских целей используются суспензии магнитных частиц [44—49] двух типов: с размером частиц 0,01—0,1 и 1—10 мкм. При этом следует учитывать биосовместимость магнитных жидкостей. Доказана возможность подведения и удержания препаратов с помощью МП, создаваемых магнитными жидкостями [25]. При решении этих вопросов большое внимание должно уделяться магнитотерапевтическим устройствам [50—53].

Нами [54, 55] впервые получены термохимическим методом высокодисперсное железо и композиционные порошки железо — серебро, железо — платина, железо — медь и железо — цинк, являющиеся единичными магнитами с высокой магнитной энергией, с управляемыми физико-химически-

ми и медико-биологическими свойствами, без аналога в мировой практике благодаря особому способу формирования их частиц. Все свойства реализуются одновременно. Изучено их действие на некоторые биологические объекты, в частности, микроорганизмы [56], бактерии (золотистый стафилококк и синегнойная палочка) [57]. Установлено, что полученные высокодисперсные порошки обладают бактерицидным эффектом, выдерживают температуру стерилизации до  $120 \pm 10$  °C [58], нетоксичны (класс опасности 4), коррозионно-устойчивы [58], с гидрофильной поверхностью [60].

Влияние высокодисперсных ферромагнетиков на биологические объекты, вероятно, реализуется через химические реакции, протекающие по свободнорадикальному механизму (с участием кислорода, ферментативных реакций, многих энергетических субстратов, изменения структуры и свойств воды и др.).

Экспериментально установлены области применения высокодисперсных ферромагнетиков, например, при лечении гнойных ран (трофических язв) [61], щитовидной железы [62], в онкологии [63], нейроонкологии [64] и др.

Таким образом, в работе показано, что вопросы влияния МП и, в частности МП, создаваемые высокодисперсными ферромагнетиками, на биологические системы представляют большой теоретический и практический интерес. Это подтверждается значительными экспериментальными и клиническими эффектами действия МП.

Данные литературы и собственные исследования свидетельствуют о многообразии проявления общей реакции живых организмов на воздействие МП различного уровня напряженности, что указывает на вовлечение в нее многочисленных функциональных систем.

Возможности использования МП, создаваемых высокодисперсными ферромагнетиками при решении многих медико-биологических вопросов не исчерпаны. Это, прежде всего, исследование механизмов и создание целостной теории биологического действия МП, разработка различного рода композиционных материалов медицинского назначения.

*Н. Ф. Куцевська*

Вплив магнітного поля високодисперсних ферромагнетиків на деякі біологічні системи

Резюме

Проведено аналіз деяких літературних даних і власних результатів досліджень по впливу МП, які створюють високодис-

перси ферромагнетики, на біологічні системи. Показано можливість застосування високодисперсних ферромагнетиків для медико-біологічних цілей.

N. F. Kushchevskaya

Influence of magnetic field created by high-dispersed ferromagnetics on some biological systems

Summary

Some literature data and experimental results on the influence of magnetic field of high-dispersed ferromagnetics on biological systems have been analyzed. A possibility of high-dispersed ferromagnetics usage for medical and biological purposes has been shown.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуденаф Д. Магнетизм и химическая связь.—М.: Металлургия, 1968.—197 с.
2. Актуальные вопросы магнитобиологии и магнитотерапии.—Ижевск, 1981.—255 с.
3. Медико-биологическое обоснование применения магнитных полей в практике здравоохранения.—М.: Минздрав СССР, 1989.—207 с.
4. Холодов Ю. А. Магнитобиология // Природа.—1965.—№ 10.—С. 13—21.
5. Магнитобиология и магнитотерапия.—София, 1989.—250 с.
6. Улащик В. С. Новые методы и методики физической терапии.—Минск, 1986.—175 с.
7. Улащик В. С. Комплексное использование лекарств и лечебных физических факторов.—Минск, 1985.—С. 95..
8. Прессман А. С. Электромагнитные поля и живая природа.—М.: Наука, 1968.—262 с.
9. Клячкин Л. М., Федотов Б. Ф. К вопросу о механическом действии ПМП на биологические объекты // Клиническое применение МП.—Ижевск, 1975.—С. 7—9.
10. Холодов Ю. А. О биологическом действии магнитных полей // Пробл. косм. медицины.—М.: Медицина, 1968.—С. 378—385.
11. Черкасова О. Г. Магнитные поля и магнитолекарственные формы в медицине // Хим.-фарм. журн.—1991.—25, № 5.—С. 4—12.
12. Копылов А. Н., Троицкий М. А. Радиобиология.—М., 1982.—687 с.
13. Магнитные поля в биологии, медицине и сельском хозяйстве.—Ростов-на-Дону, 1985.—198 с.
14. Магнитология и магнитотерапия в медицине.—Витебск, 1980.—250 с.
15. Державин А. Е. Магнитоуправляемые лекарственные препараты // Направленный транспорт и иммобилизации биологически активных препаратов.—Киев, 1984.—С. 12—14.
16. Баренбойм Г. М., Маленков А. Г. Биологически активные вещества. Новые принципы поиска.—М.: Наука, 1986.—363 с.
17. Рымарчук В. И., Маленков А. Г., Радкевич Л. А., Сарбащ В. И. Физические основы применения ферромагнетиков, введенных в организм // Биофизика.—1990.—35, № 35.—С. 145—154.
18. Tsyb A. F., Amasav J. S., Borkovsky B. M. et al. Magnetic fluids as contrast media // Amer. J. Magnetism and Magnetic Materials.—198.—39.—P. 183—186.
19. Гераськин В. И., Рудаков С. С. Магнитохирургическая коррекция воронкообразной деформации грудной клетки.—М., 1989.—217 с.
20. Иванов Б. А. Влияние слабого электромагнитного поля на околосуточный ритм человека // Воен.-мед. журн.—1967.—№ 2.—С. 111—128.
21. Модуляция импульсным магнитным полем опухолей LSA у мышей // Физ.-хим. биология.—1983.—№ 9.—С. 69—72.
22. Банишвили Д. Ш., Биланшвили В. Г., Менадзе М. З. Модифицирующее влияние режима, освещения и ЭМП на развитие опухолей молочной железы // Вопр. онкологии.—1971.—37, № 1.—С. 5—9.
23. Stevens R. G., David S., Thomas D. B. et al. Electropower, pineal function and the risk of breast cancer // FASEB J.—1992.—5.—P. 85—89.
24. Wilson B. E., Stevens R. G., Anderson L. E. Extremely low frequency electromagnetic fields: The question of cancer.—Columbus (Ohio): Battelle press, 1990.—383 p.
25. Мавричев А. С., Фертман В. Е. Современное состояние и перспективы применения суспензий магнитных частиц в онкологии // Вопр. онкологии.—1991.—37.—С. 11—17.
26. Живые системы в электромагнитных полях.—Томск, 1978.—196 с.
27. Вейнер Л. М., Подоплетов А. В. Влияние магнитного поля на скорость разложения  $H_2O_2$  каталазой и комплексом ЭДТА с  $Fe^{+2}$  // Биофизика.—1978.—23, № 2.—С. 234—241.
28. Верховцева Н. В., Глебова И. Н. Особенности накопления железа бактериями по данным магнитных измерений // Там же.—1993.—38, № 1.—С. 150—154.
29. Конев С. В. Кооперативные переходы белков в клетке.—Минск, 1970.—213 с.
30. Алексеев Л. Г., Резникова Л. Л., Влияние ПМП на структурные изменения в биологических системах // Медико-биол. обоснование применения МП в практике здравоохранения.—Л.: Минздрав СССР, 1989.—С. 24—29.
31. Пирузян Л. А., Кузнецов А. Н. Действие постоянных и низкочастотных магнитных полей на биологические системы // Изв. АН СССР. Сер. биология.—1983.—№ 6.—С. 805—821.
32. Аристархов В. М., Клименко Л. Л., Деев А. И. Влияние постоянного магнитного поля на процесс перекисного окисления липидов в фосфолипидных мембранах // Биофизика.—1989.—28, № 5.—С. 800—805.
33. Ваняг В. К., Кузнецов А. Н., Пирузян Л. А. О влиянии МП на разложение  $H_2O_2$  каталазой // Там же.—198.—28, № 1.—С. 18—22.
34. Грегориадиси Г. А., Аллисона Л. А. Липосомы в биологических системах.—М.: Медицина, 1983.—384 с.
35. Терновой К. С., Державин А. Е. Некоторые аспекты применения мелкодисперсных ферромагнетиков в биологии и медицине // Врачеб. дело.—1983.—№ 5.—С. 4—10.
36. Федоров Ю. М., Бурлакова Е. В., Ольховская И. П. К вопросу о возможности применения высокодисперсных порошков металлов для введения в организм животных // Докл. АН СССР.—1989.—№ 5.—С. 1277—1280.
37. Шабаргина М. М., Цапин А. И., Маленков А. Р., Ванин А. Р. Поведение магнитных частиц металлического железа в организме животных // Биофизика.—1990.—35, № 6.—С. 985—990.
38. Гонский Я. И., Самельюк Б. Ю. Микроэлементы в медицине.—М.: Наука, 1972.—186 с.
39. Фаткулина Л. Д., Глущенко Н. П., Косова Г. В. Стимуляция синтеза ДНК и белка цинком // Изв. АН СССР. Сер. биол.—1985.—№ 1.—С. 130—134.
40. Бабенко Г. А. Микроэлементы в экспериментальной и клинической медицине.—Киев: Медицина, 1985.—125 с.
41. Войнар А. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека.—М.: Медицина, 1960.—105 с.

42. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия.—М.: Мир, 1966.—Т. 2.—С. 75—79.
43. Белоус А. М., Конник К. Т. Физиологическая роль элементов.—Киев: Наук. думка, 1991.—104 с.
44. Баум Э. Ф. Состояние исследования и перспективы применения жидких намагничивающих сред // Магн. гидродинамика.—1977.—№ 3.—С. 145—146.
45. Тезисы докладов II конференции по применению магнитных жидкостей в биологии и медицине.—Сухуми, 1985.—165 с.
46. Райхер Ю. Л., Шлиомис М. И., Франк В. А. Применение магнитных жидкостей в клинической медицине // Клиническая хирургия.—1988.—№ 1.—С. 73—77.
47. Магнитное поле в медицине: Сб. науч. тр.—Фрунзе, 1974.—С. 100—172.
48. Шлиомис М. И. Магнитные жидкости // Успехи физ. наук.—1974.—112.—С. 427—458.
49. Бибик Е. Е., Бузунов О. В. Достижения в области получения и применения ферромагнитных жидкостей // Обзоры по электрон. технике ЦНИИ: Электроника.—М., 1979.—Вып. 7.—С. 3—12.
50. Соловьева Г. Г. Магнито-терапевтическая аппаратура.—М.: Медицина, 1991.—176 с.
51. Применение магнитного поля и ультразвука в лечебных целях.—Л.: ЛМИ, 1985.—176 с.
52. Вялов А. М., Лисичкина З. С. Гигиена труда и профилактика неблагоприятного действия магнитных полей на работающих: Метод. указания.—М.: Здоровье, 1973.
53. Келин Н. А., Кудрявцев В. К. Методы и устройства для контроля магнитных свойств постоянных магнитов.—М.: Энергия, 1984.—79 с.
54. А. с. № 95031196. Высокодисперсный порошок железа / Т. М. Швеиц, Н. Ф. Куцевская, Т. С. Максименко // БИ.—1995.
55. А. с. № 95110081. Пат. Украины. Способ получения порошка железо—серебро / Т. М. Швеиц, Н. Ф. Куцевская, Т. С. Максименко // БИ.—1996.
56. Швеиц Т. М., Куцевская Н. Ф., Могилевич Н. Ф. и др. Влияние высокодисперсных порошков железа с благородными металлами на свойства некоторых микроорганизмов // Микробиол. журн.—1996.—№ 4.—С. 57—60.
57. Гвоздяк Р. І., Швеиц Т. М., Куцевська Н. Ф., Денис Р. О. Антибактеріальна активність сполук з високодисперсним залізом // Там же.—№ 6.—С. 97—99.
58. Куцевская Н. Ф., Бородин Л. Г., Швитай В. А. Исследование термической стойкости высокодисперсного железа // Порошковая металлургия.—1994.—№ 11—12.—С. 8—40.
59. Швеиц Т. М., Куцевская Н. Ф., Мельниченко З. М., Максименко Т. С. Изучение коррозионной устойчивости высокодисперсного железа // Там же.—№ 7—8.—С. 100—104.
60. Куцевская Н. Ф., Швеиц Т. М., Поляков В. Е. Исследование взаимодействия высокодисперсного железа с водой // Там же.—1995.—№ 5—6.—С. 111—113.
61. Сіморот М. І., Швеиц Т. М., Кризина П. С. та ін. Прикладні аспекти результатів перебігу ранового процесу в умовах застосування біологічно активних речовин.—Київ, 1994.—С. 166—170.
62. Швеиц Т. М., Куцевская Н. Ф., Клочко Э. В. Изучение возможности использования высокодисперсного железа для направленного транспорта тироксина // Врач. дело.—1997.—№ 1.—С. 73—75.
63. Барабой В. А., Савцова Э. Д., Швеиц Т. М., Куцевская Н. Ф. Экспериментальный анализ воздействия высокодисперсных ферромагнетиков на опухолевые клетки // Эксперим. онкология.—1996.—18, № 4.—С. 413—418.
64. Швеиц Т. М., Куцевська Н. Ф., Григор'єв Є. А. Нові матеріали в неврології.—Львів, 1997.—С. 115—117.

УДК 615.012:629.78

Поступила в редакцию 09.07.96