

БИОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Biophysical Effects of Steady Magnetic Fields: Proceedings of the Workshop. Les Houches, France, February 26—March 5, 1986.— Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo: Springer-Verlag, 1987.— 231 p.

Книга представляет собой труды первого рабочего совещания, посвященного изучению взаимодействий постоянных магнитных полей с биологическими объектами и с макромолекулами. В совещании участвовали физики, химики, биологи и врачи, что и определило разбиение всей книги на 6 частей. Первая часть содержит исследования по диамагнитной ориентации макромолекул и мембран. Если биополимеры или мембранны, такие как наружные сегменты палочек сетчатки глаза, липидные моно и бислои, сuspendedированы в воде, то наиболее заметной реакцией этих объектов является их выстраивание под действием сильного магнитного поля величиной 1—10 Тл. Изменение ориентации макромолекул влияет на протекание многих важных биологических процессов. Торбет (Гренобль) обнаружил значительные отклонения в кинетике полимеризации фибрлина — основного элемента в процессе свертывания крови, а Мелвилл с соавторами (Англия) показали влияние магнитного поля на фазовые переходы типа гель-жидкий кристалл в бислойных фосфолипидных мембранах. Либарди и Тэнфорд (США) изучая проницаемость однослойных липосом обнаружили, что ее изменения при наложении поля в 7,5 Тл заметны только вблизи точки фазового перехода, что может быть связано с образованием зародышей другой фазы с увеличенной диамагнитной восприимчивостью.

Во второй части книги рассматриваются менее традиционные объекты — феррожидкости, которые чувствуют поля порядка нескольких миллитесла.

Такая чувствительность обусловлена наличием монодоменных частиц размером в несколько десятков нанометров, покрытых каким-либо полимером, предотвращающим агломерацию. В медицине интерес к феррожидкостям определяется тем, что они могут применяться, в принципе, как переносчики лекарств, управляемые извне наложением магнитного поля.

Третья часть содержит 7 небольших заметок, посвященных влиянию слабых магнитных полей порядка нескольких десятков гаусс на биологические и химические реакции с участием радикалов. В этой области достигнуто, пожалуй, наибольшее понимание физических механизмов действия магнитного поля, так как давно показано, что чувствительность к столь слабому полю обусловлена наличием интермедиатов с ненулевым спином. Хофф и Лус (Голландия) дали небольшой обзор работ о влиянии поля на фотосинтетические реакции, в частности, на первичный перенос электрона в реакционном центре. Проведенные ими оценки позволили предположить, что при разумной длительности жизни радикальных пар, закрепленных, например, на мембранных белках, напряженности магнитного поля Земли достаточно для столь значительных изменений в скоростях радикальных реакций, что их можно использовать для построения магнитного компаса. Шультен с соавторами (ФРГ) изучили методом молекулярной динамики влияние магнитного поля на бирадикальные реакции для радикалов, закрепленных на полимере $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$ и получили разумное согласие теории и эксперимента. В этой же лаборатории разработана теоретическая модель физиологического магнитного компаса, которая основана на зависимости выхода триплетных продуктов бирадикальной реакции от напряженности и ориентации поля. Авторы полагают, что наиболее подходящим кандидатом на роль такой бирадикальной реакции является реакция фосфорилирования родопсина — белка, локализованного в наружных сегментах палочек сетчатки глаза.

В четвертой части книги собраны небольшие сообщения о чисто физиологических эффектах полей напряженностью ~ 1 Тл. Сюда относятся колебания в сомато-сенсорных потенциалах человека, понижение температуры некоторых участков кожного покрова на $0,3$ — 5 °С, которое может быть связано с изменениями в циркуляции крови. Как правило, физические механизмы этих явлений совершенно неясны, однако понижение температуры кожи может отчасти быть объяснено усилением термоконвекции воздуха, возникающего в области больших градиентов поля из-за парамагнитности молекул кислорода. В этом же разделе помещена статья Бувета и Марета (Франция) об исследовании эмбрионального развития в присутствии сильного магнитного поля. Они показали, что развитие эмбриона перепела в течение 16 дней не изменяется по сравнению с контрольным процессом во всяком случае, если напряженность поля не более 6,4 Тл. Обсуждая весьма многочисленные и противоречивые данные литературы об аномалиях в эмбриональном развитии, авторы полагают, что эти аномалии образуются из-за плохого контроля температуры, который необходим при наличии больших градиентов поля.

В пятой части сборника обсуждаются вопросы магнитной ориентации и магниторецепции живых организмов в магнитном поле Земли. Хорошо известно, что многие организмы (бактерии, насекомые, рыбы, птицы и млекопитающие) содержат биогенный магнетит — ферромагнитные частицы, которые выстраиваются под действием земного поля, несмотря на тепловое движение. Для бактерий и водорослей размер магнитных включений, по-видимому, достаточен для объяснения их направленного движения, и этому посвящены две работы Франкеля, Киршвинка и Уокера (США). Большая часть статей содержит важную феноменологическую информацию о поведении почтовых голубей в разных «магнитных» ситуациях: на магнитном экваторе, внутри магнитных аномалий, после кратковременного наложения сильного магнитного поля и т. п. Это направление исследований находится на стадии накопления фактов и физические гипотезы серьезно не обсуждаются.

В последнюю часть книги включены четыре небольших сообщения о медицинских приложениях ЯМР-спектроскопии, которые, вообще говоря, не имеют отношения к основному материалу сборника.

В целом книга, несмотря на некоторую фрагментарность, представляет собой полезную и своевременную попытку объединить специалистов разного профиля для решения задач магнитобиологии. К достоинствам книги следует отнести стремление к пониманию механизмов действия магнитного поля на живые организмы и отсутствие описаний различных «чудесных» медицинских приложений, которыми богата эта область медицины. Книга полезна широкому кругу специалистов, занимающихся магнитобиологией, и физикам, исследующим влияние магнитного поля на процессы с участием радикалов.

Е. И. Волков