

МОДЕЛЬ ДЕЙСТВИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В.В. Крылов

ФГБУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Россия, Ярославская обл., Некоузский р-н., п. Борок, E-mail: kryloff@ibiw.yaroslavl.ru

Биологическая эффективность магнитных бурь (МБ) установлена давно. Большинство работ в этой области сводится к поиску связей между реально случившимися МБ и различными биологическими показателями. В некоторых экспериментах предпринимались попытки имитировать геомагнитные возмущения, однако используемые сигналы были далеки от естественных. Вообще же, в составе МБ выделяют следующие факторы флуктуирующего магнитного поля, каждый из которых претендует на роль ведущего для биологических объектов: 1). Медленное градиентное изменение напряженности геомагнитного поля (ГМП), связанное с особенностями взаимодействия солнечного ветра и магнитосферы Земли, которое делится на следующие временные интервалы: начальная фаза, главная фаза и фаза восстановления. 2). Усиление естественных низкочастотных флуктуаций ГМП в диапазоне частот до 5 Гц и амплитуд до 30 нТл связанное с неоднородностью солнечного ветра 3). Геомагнитные пульсации, возникающие вследствие возбуждения гидромагнитных волн в магнитосфере Земли. Предполагают, что ведущую роль в формировании биологических эффектов МБ играют геомагнитные пульсации типа Pc1 (0.2-5 Гц, 10-100 пТл).

Были проведены экспериментальные исследования влияния сложных сигналов МБ и отдельных её компонентов, описанных выше, на различные биологические процессы у лука (*Allium cepa*), гороха (*Pisum sativum*), льна (*Linum bienne*), дафнии (*Daphnia magna*) и карпа (*Cyprinus carpio*). В экспериментах воспроизводилась картина реальной МБ с типичной фазовой картиной случившейся 30 октября 2003 года и реальные Pc1 пульсации, записанные на широте проведения экспериментов.

С использованием гравитропической реакции у льна было установлено, что наибольшей биологической эффективностью обладали отрезки МБ, соответствующие главной фазе и начальным этапам фазы восстановления. Впоследствии, в зависимости от методов, МБ, либо её отрезок, соответствующий главной фазе, разделяли на компоненты и предъявляли биологическим объектам, как целиком, так и в виде отдельных составляющих. Во всех экспериментах было заметно действие МБ на исследуемые показатели. При этом эффекты действия градиентного изменения ГМП полностью повторяли эффекты действия сложного сигнала МБ. Низкочастотные флуктуации ГМП повлияли только на протеолитическую активность пищеварительных ферментов у карпа и активность супероксиддисмутазы у дафнии. Pc1-пульсации на оказали достоверного влияния на исследуемые показатели.

Хорошо изучены интерференционные механизмы влияния слабых комбинированных магнитных полей (МП) на биологические объекты. Согласно модели В.В. Леднева при изменении напряжённости внешнего МП (постоянная составляющая комбинированного МП) изменяется частота собственных колебаний ионов в белковых полостях и Ларморовской прецессии спинов атомов. Эти собственные колебательные процессы в биологических системах детектируются через резонансные эффекты при применении внешних переменных МП, частота и амплитуда которых соответствует параметрами собственных колебаний. Предположим, что собственные колебательные процессы могут быть сами по себе вовлечены в биологически важные процессы. Расчёты показывают, что изменение напряженности ГМП на 100 нТ (умеренная геомагнитная буря) приводит к изменению собственной частоты колебаний различных ионов в зависимости от их массы и заряда, а также частоты Ларморовской прецессии спинов в зависимости от гиромагнитного отношения всего на 0.2 – 0.4 % от исходного значения. Однако, стоит учесть что узкая ширина пика резонансного ответа биосистем при использовании ряда переменных МП на фоне постоянного ГМП говорит о наличии строго детерминированных колебательных процессов в живых системах при неизменном ГМП. При изменении напряженности ГМП во время МБ изменяются все зависящие от этого колебательные процессы, тогда как при применении низкочастотного МП на фоне ГМП мишенью воздействия является определённая частица. Кроме того, у ионов обладающих различной массой и зарядом или у атомов с различными гиромагнитными отношениями при изменении ГМП на определённое значение за одно и то же время частоты собственных колебательных процессов изменятся на различную величину, что может быть чувствительно, например, для ферментных систем, использующих одновременно в качестве кофакторов два различных иона. Возможно, медленные последовательные изменения внешнего ГМП эффективны ещё и потому, что биологическая система не может быстро адаптироваться к этому процессу, как, например, к моментальному изменению постоянного МП.

Колебания ГМП в нанотесловом диапазоне в двух экспериментах действовали на активность работы ферментов. Исследованные флуктуации ГМП при конкретных значениях частоты и амплитуды могли влиять на спины ядер атомов присутствующих в биологических системах. Однако, по совокупности данных, данный фактор значительно уступает в своей эффективности градиентному изменению ГМП во время МБ.

THE MODEL OF THE ACTION OF GEOMAGNETIC STORMS ON BIOLOGICAL OBJECTS BASED ON EXPERIMENTAL DATA

V.V. Krylov

I.D. Papanin Institute for biology of inland waters Russian Academy of Sciences, E-mail: kryloff@ibiw.yaroslavl.ru